

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій

**04-03-280**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни

#### **«Проектування систем автоматизації»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою програмою «Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності 151  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково –  
методичною радою з якості  
ННІАКОТ  
Протокол № 9 від  
29 травня 2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Проектування систем автоматизації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Наумчук О. М., Сидорчук Б. П. – Рівне : НУВГП, 2020. – 78 с.

Укладачі: Наумчук О. М., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій;  
Сидорчук Б. П., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

## **Зміст**

Вступ.....	3
Лабораторна робота №1. Розробка схеми автоматизації технологічного процесу.....	4
Лабораторна робота №2. Розробка принципів електричних схем.....	27
Лабораторна робота №3. Розробка принципів електричних монтажних схеми з'єднань.....	40
Лабораторна робота №4. Розробка конструкції нетипового малогабаритного щита управління.....	52
Лабораторна робота №5. Компонування приладів та засобів автоматизації на фасадній та внутрішніх панелях малогабаритних щитів.....	69

## **Вступ**

Практичне застосування принципів та методів проектування систем автоматизації є однією з важливих частин у підготовці фахівців з автоматизації технологічних процесів та виробництв. Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Проектування систем автоматизації» містять необхідний матеріал для засвоєння студентами практичних навиків проектування сучасних систем автоматизації. Під час виконання лабораторних робіт студенти здобудуть досвід, який допоможе у проектуванні систем автоматизації у промисловій сфері України.

У лабораторних роботах розглянуто особливості застосування сучасних систем автоматизованого проектування для виконання розробки та проектування елементів та систем автоматизації, а також способи та методи розробки конструкторської документації у сучасному проектуванні.

## **Лабораторна робота №1**

### **Розробка схеми автоматизації технологічного процесу**

**Мета:** Ознайомитися з принципами та правилами побудови схем автоматизації. Навчитися створювати схеми автоматизації технологічних процесів спрощеним і розгорнутим способом.

#### **Теоретичні відомості**

*Схема автоматизації* - це основний технічним документом, що визначає функціонально-блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування і регулювання технологічного процесу й оснащення об'єкта керування приладами і засобами автоматизації (у тому числі засобами телемеханіки та обчислювальної техніки).

При розробленні схеми автоматизації (в літературі та на практиці також застосовується назва *Функціональна схема автоматизації*) необхідно вирішити наступні завдання:

- отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та обладнання;
- способи впливу на технологічний процес для управління ним;
- стабілізація технологічних параметрів процесу;
- контроль та сигналізація (при необхідності) технологічних параметрів процесу і стану технологічного обладнання.

Функціональні завдання автоматизації, як правило, реалізуються за допомогою технічних засобів, що включають в себе: відбірні пристрої, засоби отримання первинної інформації, засоби перетворення і обробки інформації, засоби представлення та видачі інформації обслуговуючому персоналу, комбіновані, комплектні і допоміжні пристрої.

Результатом складання схем автоматизації є:

- 1) визначення методів вимірювання технологічних параметрів;
- 2) вибір основних технічних засобів автоматизації, які найбільш повно відповідають пропонованим вимогам і умовам роботи об'єкта, що автоматизується;

3) визначення виконавчих механізмів, регулюючих, або запірних органів технологічного обладнання;

4) розміщення засобів автоматизації на щитах, пультах, технологічному обладнанні, трубопроводах тощо та визначення способів подання інформації про стан технологічного обладнання.

Схеми автоматизації розробляють в цілому на технологічний процес, технологічну (інженерну) систему або їх частину – технологічну лінію, блок обладнання, установку або агрегат.

*На схемі автоматизації зображують:*

- технологічне та інженерне обладнання і комунікації (трубопроводи, газоходи, повітропроводи) об'єкта, що автоматизується (далі – технологічне обладнання);

- технічні засоби автоматизації або контури контролю, регулювання та управління;

- лінії зв'язку між окремими технічними засобами автоматизації або контурами.

Контур контролю, регулювання та управління – це сукупність окремих функціонально поєднаних приладів, що виконують певне завдання з контролю, регулювання, сигналізації, управління тощо.

Технологічне обладнання та комунікації на схемах автоматизації зображують спрощено не показуючи на схемі обладнання комунікації та їх елементи, які не оснащуються технічними засобами автоматизації та не впливають на роботу систем автоматизації. Однак зображена в такий спосіб технологічна схема повинна давати ясне представлення про принцип її роботи і взаємодії з засобами автоматизації.

Технологічні апарати і трубопроводи допоміжного призначення показують тільки у випадках, коли вони механічно з'єднуються чи взаємодіють із засобами автоматизації. В окремих випадках деякі елементи технологічного устаткування допускається зображувати на схемах автоматизації у вигляді прямокутників із вказівкою найменування цих елементів або не показувати взагалі.

Біля давачів, відбірних, прийомних та інших подібних за призначенням пристроїв варто вказувати найменування того технологічного устаткування, до якого вони відносяться.

Технологічне обладнання зображують із дотриманням вимог держстандартів:

- обладнання, згідно з ГОСТ 2.780, ГОСТ 2.782, ГОСТ 2.788, ГОСТ 2.789, ГОСТ 2.790, ГОСТ 2.791, ГОСТ 2.792, ГОСТ 2.793, ГОСТ 2.794, ГОСТ 2.795;

- комунікації в залежності від середовищ, що транспортуються згідно з додатком 3 ГОСТ 14202;

- трубопровідна запірна арматура, яка використовується в системах автоматизації (не регульовальна) згідно з ГОСТ 2.785.

При формуванні умовних позначень технологічного обладнання та комунікацій можливо використовувати умовні позначення згідно міжнародних стандартів, зокрема ISO 10628.

Якщо позначення трубопроводів на технологічних кресленнях не стандартизовані, то на схемах автоматизації варто застосовувати умовні позначки, прийняті в технологічних схемах.

У зображення технологічного устаткування, окремих його елементів і трубопроводів варто давати відповідні пояснювальні написи, а також вказувати стрілками напрямки потоків. Окремі агрегати й установки технологічного устаткування можна зображувати відірваними один від одного з відповідними вказівками на їхній взаємозв'язок. На трубопроводах, на яких передбачається установка відбірних пристроїв і регульовальних органів, вказують діаметри умовних проходів.

Схеми автоматизації виконують згідно з діючими держстандартами на умовне зображення технологічного обладнання без дотримання масштабу. Умовні графічні зображення та літерні позначення приладів і пристроїв виконують згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008 «Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах».

Усі вимірювальні і перетворювальні прилади, встановлені на технологічному об'єкті, зображуються на схемах автоматизації у вигляді кіл діаметром 10 мм. Якщо прилади розміщуються на щитах і пультах в центральних або місцевих операторських приміщеннях, то всередині кола проводиться горизонтальна роздільна лінія. У верхній частині кола розміщують позначення параметрів, що контролюються, сигналізуються або

регулюються та позначення функцій і функціональних ознак приладів і пристроїв. У нижній частині – позиційні позначення приладів і пристроїв.

Шрифт літерних позначень приймають 2,5 мм згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Місця розташування відбірних пристроїв і точок вимірювання вказуються за допомогою тонких суцільних ліній. Лінії зв'язку між приладами і контурами контролю та керування зображують на схемах суцільною тонкою лінією незалежно від виду сигналів та кількості проводів і труб.

Схеми автоматизації виконують двома способами:

- *розгорнутий*, за якого на схемі зображують склад і місце розташування технічних засобів автоматизації кожного контуру контролю та управління;

- *спрощений*, за якого на схемі зображують основні функції контурів контролю та керування (без виділення окремих технічних засобів автоматизації, що до них входять, та зазначення місця розташування).

***Розгорнутий спосіб виконання схем автоматизації.***

Технологічне обладнання зображують у верхній частині схеми. Прилади, вбудовані в технологічні комунікації, показують у розриві лінії зображення комунікацій відповідно до рис. 1.1, а ті, що встановлюються на технологічному обладнанні (за допомогою закладних пристроїв), показують поряд – відповідно до рис. 1.2.



Рис. 1.1

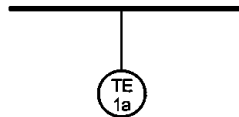


Рис. 1.2

Решту технічних засобів автоматизації показують умовними графічними зображеннями у прямокутниках, що розташовані у нижній частині схеми. Кожному прямокутнику присвоюють заголовки, що відповідають показаних у них технічних засобів (рис. 1.3).

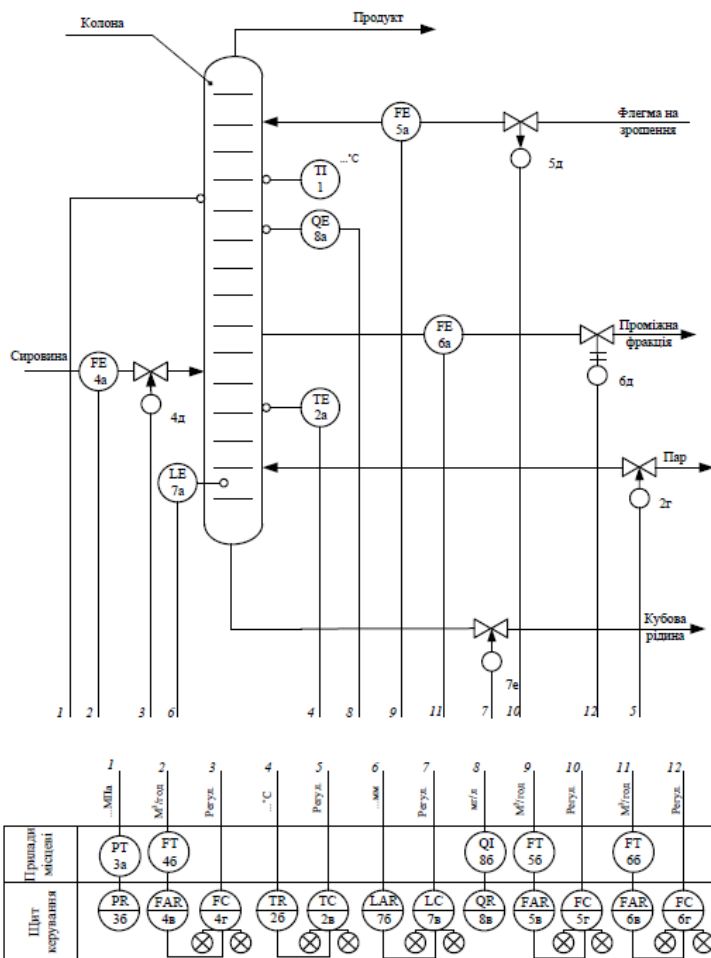


Рис. 1.3. Приклад виконання схеми автоматизації розгорнутим способом

Першим розташовують прямокутник у якому показані позащитові прилади, що конструктивно не пов'язані з технологічним обладнанням під заголовком “Прилади місцеві”; нижче – прямокутник, у яких показані “Щити та пульти”, а також комплекси технічних засобів (за необхідності).



Заголовки прямокутників, що призначені для зображення щитів і пультів, вказують відповідно до назв, прийнятих у кресленнях загальних видів комплексів технічних засобів – відповідно до їх запису у специфікації обладнання. У нижній частині прямокутників під зображенням засобів автоматизації вказують назву параметру, який вимірюється або регулюється, вимірювального середовища та місце вимірювання (рис. 1.4).

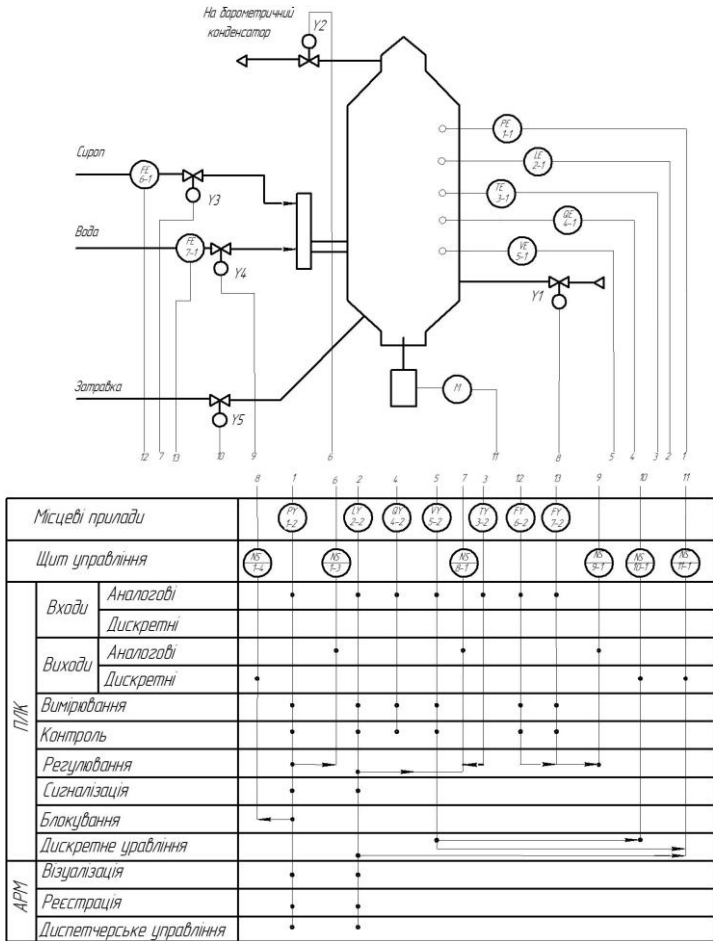


Рис. 1.4. Приклад виконання схеми автоматизації розгорнутим способом із застосуванням мікропроцесорних ТЗА

При великій протяжності або при складному розташуванні адресні лінії зв'язку допускається зображувати з розривом. Місця розривів нумерують арабськими цифрами наскрізною нумерацією в порядку їх розташування в прямокутниках, призначених для зображення щитів і пультів, в нижній частині схеми.

Допускається перетин адресних ліній зв'язку із зображеннями технологічного обладнання, а їх перетин між собою не допускається. Над цими лініями можна вказати граничні (максимальні або мінімальні) робочі значення величин, що вимірюються (регулюються) згідно з ДСТУ 3651.0, ДСТУ 3651.1, або в одиницях шкали приладу. Для позначення розрідження (вакууму) ставиться знак “-”. Під адресними лініями зв'язку вказують уставку регулювання, сигналізації і блокування, які повинні виконувати вимірювальні або регулюючі контури.

Для приладів, що вбудовуються безпосередньо в технологічне обладнання і не мають адресних ліній зв'язку з іншими приладами, граничні значення величин вказують поряд із позначенням приладів.

***Спрощений спосіб виконання схем автоматизації.*** При спрощеному способі виконання схем автоматизації контури контролю та управління, а також одиночні прилади наносять поряд із зображенням технологічного обладнання і комунікацій (або в їх розриві). У нижній частині схеми розміщується таблиця контурів, у якій вказують номери контурів та номер аркуша основного комплексу документації, на якому наведений склад кожного контуру. Приклад виконання схеми автоматизації спрощеним способом наведений на рис. 1.5.

Контур (незалежно від кількості елементів, що в нього входять) зображують у вигляді кола (овалу), який розділений горизонтальною рисою. У верхню частину кола записують літерне позначення, яке визначає вимірюваний (регульований) параметр, та функції, що виконуються даним контуром, а у нижню – номер контуру. Крім того, на схемі автоматизації зображують виконавчі механізми, регулюючі органи та лінії зв'язку, що поєднує контур із виконавчими механізмами.

Склад кожного контуру повинен бути наведений на:

- структурній схемі контуру;
- принциповій (електричній, пневматичній) схемі контролю, регулювання і управління;
- схемі з'єднань зовнішніх підключень.

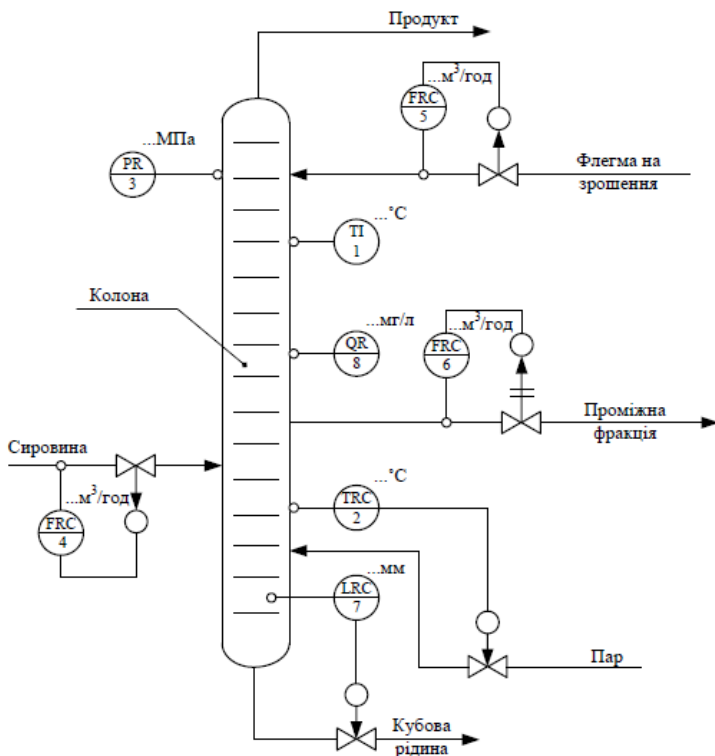


Рис. 1.5. Спрощений спосіб виконання схеми автоматизації

**Вимоги до оформлення схем автоматизації.** Схеми автоматизації можуть розроблятися з більшим чи меншим ступенем деталізації. Однак обсяг інформації, представлений на схемі, повинний забезпечити повне представлення про прийняті рішення по автоматизації даного технологічного процесу і можливість складання заявних відомостей приладів і засобів автоматизації, трубопровідної арматури, щитів і пультів, основних монтажних матеріалів і виробів, а на стадії робочого

проекту – всього комплексу проектних матеріалів, передбачених у складі проекту.

Схему автоматизації виконують, як правило, на одному листі, на якому зображують засоби автоматизації і апаратуру всіх систем контролю, регулювання, керування і сигналізації, що відноситься до даної технологічної установки. Допоміжні пристрої, такі як редуктори і фільтри для повітря, джерела живлення, реле, автомати, вимикачі і запобіжники в колах живлення, сполучні коробки та інші пристрої і монтажні елементи на схемах автоматизації не показують. Складні технологічні схеми рекомендується розділяти на окремі технологічні вузли і виконувати схеми автоматизації цих вузлів у вигляді окремих креслень на декількох аркушах.

Для *технологічних процесів з великим обсягом автоматизації* схеми можуть бути виконані роздільно по видах технологічного контролю і керування. Наприклад, окремо виконуються схеми автоматичного керування, контролю і сигналізації тощо. Для давачів і приладів, що вказують положення регулювальних органів, виконавчих механізмів, необхідно показувати існуючий механічний зв'язок.

Прямокутники щитів і пультів варто розташовувати в такій послідовності, щоб при розміщенні в них позначень приладів і засобів автоматизації забезпечувалася найбільша простота і ясність схеми. У прямокутниках можна вказувати номери креслень загальних видів щитів і пультів. У кожному прямокутнику з лівої сторони вказують його найменування.

Прилади і засоби автоматизації, що розташовані поза щитами і не зв'язані безпосередньо з технологічним устаткуванням і трубопроводами, умовно показують у прямокутнику «Прилади місцеві». При кресленні схеми автоматизації варто уникати дублювання однакових її частин, які відносяться як до технологічного устаткування так і до засобів автоматизації

Для полегшення розуміння сутності об'єкта, можливості вибору діапазонів вимірювань і шкал приладів, уставок регуляторів на схемах автоматизації вказують граничні робочі (максимальні чи мінімальні) значення вимірюваних чи регульованих технологічних параметрів при сталих режимах

роботи.

*Не передбачені стандартами умовні позначення*, прийняті у даній схемі автоматизації, розташовують у вигляді таблиці над основним написом, по його ширині зверху вниз, на першому листі креслення, при необхідності ці таблиці можна виконувати на окремих аркушах. *Пояснювальний текст* розташовують звичайно над таблицею умовних позначок (чи над основним написом) чи в іншому вільному місці.

Контури технологічного обладнання на схемі автоматизації рекомендовано виконувати лініями товщиною 0,6 – 1,5 мм; трубопровідні комунікації – 0,6 – 1,5 мм; ТЗА – 0,5 – 0,6 мм; лінії зв'язку – 0,2 – 0,3 мм; прямокутники пунктів керування – 0,6 – 1,5 мм.

При виконанні схем автоматизації обома способами з зображенням приладів за ДСТУ Б А.2.4-16 відбірний пристрій для всіх постійно підключених приладів *не має спеціального позначення*, а зображується тонкою суцільною лінією, що з'єднує технологічний трубопровід чи апарат з первинним вимірювальним перетворювачем чи приладом.

При необхідності вказівки точного місця розташування відбірного пристрою чи точки вимірювання (всередині контуру технологічного апарата) наприкінці тонкої лінії зображується коло діаметром 2,5 мм. Підведення ліній зв'язку до символу приладу допускається зображувати в будь-якій точці кола (зверху, знизу, збоку). При необхідності вказівки напрямку передачі сигналу на лініях зв'язку допускається наносити стрілки.

***Зображення засобів вимірювання та автоматизації.*** Прилади, засоби автоматизації, електричні пристрої й елементи обчислювальної техніки на схемах автоматизації показуються відповідно до ДСТУ Б А.2.4-16 і галузевих нормативних документів. При відсутності в стандартах необхідних зображень дозволяється застосовувати нестандартні зображення, які варто виконувати на підставі характерних ознак зображуваних пристроїв.

*Порядок розташування літерних позначень у верхній частині кола, що позначає прилад чи пристрій:*

- позначення основної вимірюваної величини;

- позначення, що уточнює (якщо необхідно) основну вимірювану величину;
- позначення функціональної ознаки приладу.

При побудові умовних позначень приладів варто вказувати не всі функціональні ознаки приладу, а лише ті, котрі використовуються в даній схемі. Так, при позначенні показуючих і самописних приладів (якщо функція «покази» не використовується) варто писати *TR* замість *TIR*, *PR* замість *PIR* і т.п.

При використанні умовних позначень за ДСТУ Б А.2.4-16 необхідно керуватися наступними правилами:

1) Літера *A* застосовується для позначення функції сигналізації при спрощеному способі побудови умовних позначень, а також при розгорнутому способі, коли для сигналізації використовуються лампи вбудовані в прилад. У всіх інших випадках для позначення контактного пристрою приладу застосовується літера *S* і при необхідності символ лампи, гудка, дзвоника.

Граничні значення вимірюваних величин, за якими здійснюється, наприклад, включення/відключення, блокування, сигналізація, допускається конкретизувати додаванням літер *H* і *L*. Ці літери наносять праворуч від графічного зображення. Літеру *S* не слід застосовувати для позначення функції регулювання (в тому числі позиційного).

2) Для конкретизації вимірюваної величини біля зображення приладу (праворуч від нього) необхідно вказувати найменування чи символ вимірюваної величини, наприклад «напруга», «струм», рН, O<sub>2</sub> тощо.

3) При необхідності біля зображення приладу допускається вказувати вид радіоактивності, наприклад  $\alpha$ -,  $\beta$ - чи  $\gamma$ -випромінювання.

4) Літера *U* може бути використана для позначення приладу, що вимірює кілька різнорідних величин. Докладна розшифровка вимірюваних величин повинна бути приведена біля приладу чи на полі креслення.

5) Для позначення величин, не передбачених даним стандартом, можуть бути використані резервні літери. При необхідності застосування резервних літерних позначень вони

повинні бути розшифровані на схемі. Не допускається в одній і тій же документації застосування однієї резервної літери для позначення різних величин;

7) В окремих випадках, коли позиційне позначення приладу не вміщається в колі, допускається нанесення його поза колом.

8) Літера *E* застосовується для позначення чутливих елементів, тобто пристроїв, що виконують первинне перетворення. Прикладами первинних перетворювачів є: термометри термоелектричні (термопари), термометри опору, давачі пірометрів, звужуючі пристрої витратомірів, давачі індукційних витратомірів тощо.

9) Літера *T* означає проміжне перетворення – дистанційну передачу сигналу, її рекомендується застосовувати для позначення приладів з дистанційною передачею показів, наприклад безшкальних манометрів (дифманометрів), манометричних термометрів з дистанційною передачею і т.п.

10) Літера *K* застосовується для позначення приладів, що мають станцію керування, тобто перемикач вибору виду керування (автоматичне, ручне).

11) Літера *Y* рекомендується для побудови позначень перетворювачів сигналів та обчислювальних пристроїв.

12) Порядок побудови умовних позначень із застосуванням додаткових літер наступний: на першому місці ставиться літера, що позначає вимірювану величину, на другому – одна з додаткових літер *E*, *T*, *K*, *Y*.

13) При застосуванні позначень, що розшифровують вид чи перетворення операції, виконувани обчислювальним пристроєм, наносяться праворуч від графічного зображення приладу.

14) В деяких випадках для уникнення неправильного розуміння схеми допускається замість умовних позначень приводити повне найменування перетворених сигналів. Також рекомендується позначати деякі рідко застосовувані чи специфічні сигнали, наприклад кодовий, часо-імпульсний, число-імпульсний і тощо.

15) При побудові позначень комплектів засобів автоматизації перша літера в позначенні кожного приладу, що входить у комплект, є найменуванням вимірюваної комплектом величини. Наприклад, у комплекті для вимірювання

регулювання температури первинний вимірювальний перетворювач варто позначати *TE*, вторинний реєструючий прилад – *TR*, регулюючий блок – *ТС* і т.п.

*Виятки з правил* при використанні умовних позначень за ДСТУ Б А.2.4-16:

1) всі пристрої, виконані у вигляді окремих блоків і призначені для ручних операцій, повинні мати на першому місці в позначенні літеру *H* незалежно від того, до складу якого вимірювального комплексу вони входять, наприклад, перемикачі електричних ланцюгів вимірювань (керування), перемикачі газових (повітряних) ліній позначаються *HS*, байпасні панелі дистанційного керування – *HC*, кнопки (ключі) для дистанційного керування, задавачі – *H* і т. п.;

2) при позначенні комплексу, призначеного для вимірювання декількох різнорідних величин, первинні вимірювальні перетворювачі (давачі) варто позначати у відповідності з вимірюваною величиною, вторинний прилад — *UP*;

3) в окремих випадках при побудові позначень комплектів, призначених для вимірювання якості непрямим методом, перша літера в позначенні давача може відрізнятися від першої літери в позначенні вторинного приладу (наприклад, для вимірювання якості продукту користуються методом температурної депресії). Давачами температури при цьому є термометри опору, вторинним приладом – автоматичний міст. Позначення такого комплексу при розгорнутому способі будуть: давачі – *TE*, вторинний прилад – *QR*.

*Щити, штативи, пульти керування* на схемах автоматизації зображуються умовно у вигляді прямокутників довільних розмірів, достатніх для нанесення графічних умовних позначень встановлюваних на них приладів, засобів автоматизації, апаратури керування і сигналізації за ДСТУ Б А.2.4-16. *Комплектні пристрої* (машини централізованого контролю, керуючі машини, напівкомплекти телемеханіки тощо) позначаються також у вигляді прямокутників.

Допускається перетинання лініями зв'язку зображень технологічного устаткування і комунікацій, натомість перетинання лініями зв'язку умовних позначень приладів і



засобів автоматизації забороняється.

***Позиційні позначення приладів і засобів автоматизації.***  
Всім приладам і засобам автоматизації, зображеним на схемах автоматизації, присвоюються *позиційні позначення* (позиції), що зберігаються у всіх матеріалах проекту. *На стадії проекту* позиційні позначення виконують арабськими цифрами відповідно до нумерації і заявної відомості приладів, засобів автоматизації і електроапаратури. *На стадії робочої документації* при одностадійному проектуванні позиційні позначення приладів і засобів автоматизації утворюються з двох частин: позначення арабськими цифрами, номера функціональної групи і малих кириличних літер номерів приладів і засобів автоматизації в даній функціональній групі.

Позиційні позначення привласнюються кожному елементу функціональної групи в алфавітному порядку в залежності від послідовності проходження сигналу – від пристроїв одержання інформації до пристроїв впливу на керований процес (наприклад, приймальний пристрій – давач, вторинний перетворювач – задавач – регулятор – покажчик положення – виконавчий механізм, регулюючий орган).

Позиційні позначення окремих приладів і засобів автоматизації (наприклад, регулятор прямої дії, манометр, термометр) складаються тільки з порядкового номера. Вони повинні привласнюватися всім елементам функціональних груп, за винятком:

- а) відбірних пристроїв;
- б) приладів із засобів автоматизації, що поставляються комплектно з технологічним устаткуванням;
- в) регулювальних органів і виконавчих механізмів, що входять у дану систему автоматичного керування, але які замовляються і встановлюються у технологічних частинах проекту.

*При визначенні границь кожної функціональної групи* варто враховувати наступну обставину: якщо який-небудь прилад чи регулятор зв'язаний з декількома давачами чи отримує додаткові впливи під іншим параметром (наприклад, корегуючий сигнал), то всі елементи схеми, що здійснюють додаткові функції, відносяться до тієї функціональної групи, на

яку вони здійснюють вплив.

Регулятор співвідношення, зокрема, входить до складу тієї функціональної групи, на яку виявляється основний вплив по незалежному параметру. Те ж відноситься і до прямого цифрового керування, де вхідним колам контуру регулювання привласнюється та сама позиція.

***Особливості використання стандартних бібліотек КОМПАС-3D.*** Бібліотека – це додаток, створений для розширення стандартних можливостей КОМПАС. Типовим прикладом додатку являється бібліотека KOMPAS.RTW, яка постачається разом з системою. Вона містить команди побудови зображень часто використовуваних фігур, гладких і різьбових отворів і т.д., а також, бібліотеку стандартних машинобудівних елементів і бібліотеку кріплень, що значно прискорюють проектування збірних моделей і оформлення збірних креслень.

*Фрагменти бібліотеки* не являються окремими файлами на диску, а входять складовими частинами в єдиний файл бібліотеки. Фрагменти зберігаються у вигляді впорядкованих списків в підрозділах і кореневому розділі бібліотеки. Імена фрагментів і розділів бібліотеки можуть складатися із будь-яких символів, кількість фрагментів і розділів необмежена. При створенні розділу бібліотеки чи при додаванні фрагменту можна ввести довільний коментар.

*Бібліотека моделей* являє собою окремий файл з розширенням \*.l3d. Моделі бібліотеки не являються окремими файлами на диску, а входять складовими частинами в єдиний файл бібліотеки. Імена моделей і розділів бібліотеки можуть складатися із будь-яких символів, кількість моделей і розмірів необмежена.

*Прикладна бібліотека* – це додаток, створений для розширення стандартних можливостей системи КОМПАС. Прикладна бібліотека може бути створена в одній із стандартних мов програмування для WINDOWS з використанням функцій спеціального комплексу розроблення додатків КОМПАС-МАСТЕР. По своїй архітектурі бібліотека являється стандартним модулем (DLL) WINDOWS з можливістю динамічного підключення.

Система КОМПАС підтримує роботу з декількома підключеними бібліотеками. Режими роботи з бібліотекою можуть бути різноманітні (вікно, діалог, меню або панель).

Робота з бібліотекою відбувається за допомогою *менеджера бібліотек* (рис. 1.6), викликати якого можна одним із двох способів: за допомогою меню *Сервіс* → *Менеджер библиотек* або натисканням відповідної кнопки на панелі управління (рис. 1.7).

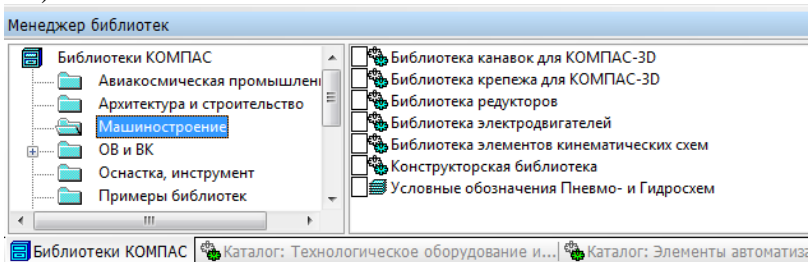


Рис. 1.6. Вікно *Менеджера библиотек*

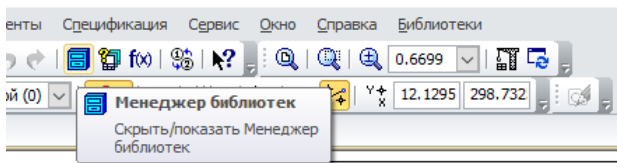


Рис. 1.7. Відкривання *Менеджера библиотек*

У лівій частині вікна (див. рис. 1.6) розміщені розділи бібліотеки, а у правій вміст вибраного розділу (у даному випадку розділ Машинобудування). Для додавання додаткової прикладної бібліотеки або бібліотеки документів необхідно у вікні *менеджера бібліотек* у головному рядку **Библиотеки КОМПАС** натиснути правою клавішею миші → **Добавить описание** (рис. 1.8). У діалоговому вікні вказати місце розташування необхідної бібліотеки.

Наприклад завантажимо бібліотек елементів електричних схем (ESK6.1), яка зі стандартною комплектацією КОМПАС не постачається. Після виконання вище вказаних дій дана бібліотека з'являється у вікні (рис. 1.9).

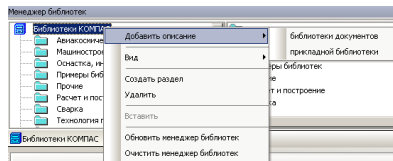


Рис. 1.8. Завантаження додаткової бібліотеки

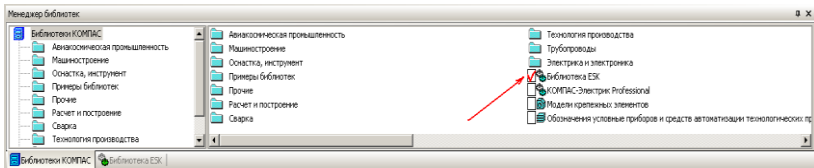


Рис. 1.9. Завантаження бібліотеки ESK

Дана бібліотека ефективно використовується інженерами-електриками при розробці електричних і функціональних схем, схем з'єднань, схем і планів споруд і пристроїв мереж, схем проводок і прокладки електричних мереж на планах будинків.

Для проектування систем автоматизації технологічних процесів розроблено бібліотеки контрольно-вимірювальних приладів і автоматики, елементи комутаційних пристроїв та елементи функціональних схем (рис. 1.10).

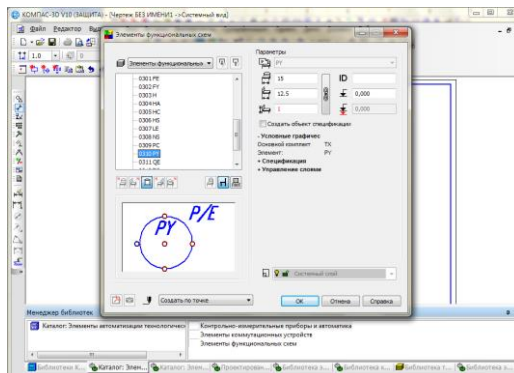


Рис. 1.10. Приклад використання бібліотеки  
*Элементы функциональных схем*

До складу пакету бібліотек **«Автоматизация технологических процессов»** входять:

*Элементы функциональных схем автоматизации технологических процессов.* Бібліотека застосовується для розробки схем автоматизації, для контролю і керування технологічними процесами всіх галузей промисловості. Графічне зображення елементів відповідає ГОСТ 21.404-85. Бібліотека включає графічні елементи у таких розділах:

- *Температура;*
- *Давление (разрежение);*
- *Расход;*
- *Уровень;*
- *Плотность;*
- *Размеры, положение;*
- *Электрические величины;*
- *Время;*
- *Качество продукта;*
- *Радиоактивность;*
- *Скорость*
- *Вязкость;*
- *Масса;*
- *Сигнализация;*
- *Преобразователи;*
- *Аппаратура.*

Додатково з бібліотекою поставляється файл, що включає літерні позначення за ГОСТ 21.404-85, що дозволяє сформулювати будь яке функціональне позначення приладу за розділами:

- *Основные буквенные обозначения;*
- *Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов;*
- *Дополнительные буквенные обозначения для построения преобразователей сигналов;*
- *Контрольно-измерительные приборы и автоматика* - бібліотека призначена для автоматизації креслярсько-графічних робіт, зв'язаних із кресленням принципів схем контролю і керування технологічними процесами всіх галузей промисловості.

Варто звернути увагу, що елементи *менеджера бібліотек* розрізняються за можливістю використання у 3D та 2D форматах, тому для їх використання потрібно використовувати

відповідні режими роботи *КОМПАС-3D Сборка* або *КОМПАС-3D Чертеж*.

**Особенности використання графічних образів у програмі *AutoCAD Electrical*.** Графічні образи – це додаток, створений для розширення стандартних можливостей *AutoCAD Electrical*. Типовим прикладом цього інструменту являється графічні образи трубопроводів та КВПіА, яка постачається разом з *AutoCAD Electrical* і називається схема трубопроводів і контрольно-вимірювальних приладів (P&ID). Схема P&ID - це схематична ілюстрація функціональних зв'язків трубопроводів, КВПіА та системного обладнання. Схема P&ID показує всі трубопроводи, включаючи фізичну послідовність відводів, редукторів, клапанів, обладнання, КВПіА та блокувань управління. Схема трубопроводів КВПіА використовується для управління технологічним процесом.

Схема P&ID не являються окремими файлами на диску, а входить у стандартну комплектацію *AutoCAD Electrical*. Фрагменти зберігаються у вигляді впорядкованих списків в підрозділах і кореневому розділі бібліотеки. Імена фрагментів і розділів бібліотеки можуть складатися з будь-яких символів, кількість фрагментів і розділів необмежена. При створенні розділу бібліотеки чи при додаванні фрагменту можна ввести довільний коментар.

Робота з схемами відбувається за допомогою панелі *Вставить компоненты КИП* (рис. 1.11), викликати її можна за допомогою меню *Вставить компоненты* → *Вставить компоненты КИП*.

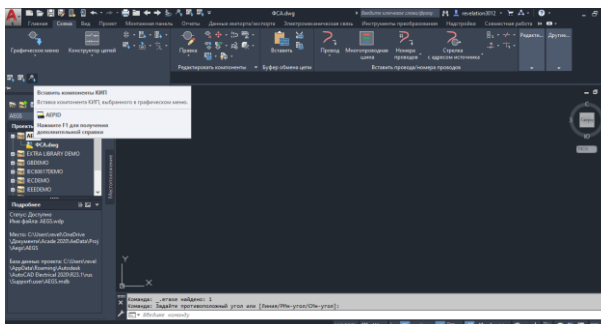


Рис. 1.11. Вікно панелі *Вставить компоненты КИП*

У лівій частині вікна (рис. 1.12) розміщені розділені схеми, а у правій вміст вибраного розділу (у даному випадку розділ КВПіА).

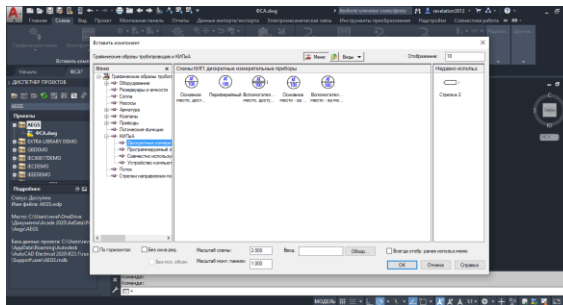


Рис. 1.12. Вікно компонентів *Графические образы трубопроводов и КИПиА*

Представлені графічні образи застосовуються для проектування систем автоматизації технологічних процесів. На рис. 1.13 показано, як за допомогою вікна компонентів *Графические образы трубопроводов и КИПиА* можна редагувати вибрані умовні позначення елементів схем автоматизації.

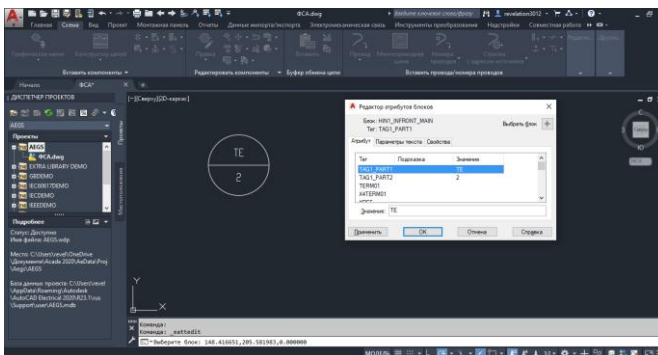


Рис. 1.13. Приклад редагування умовного позначення елементу схеми автоматизації

Для прикладу розглянемо основні атрибути, які

використовуються при редагування умовних позначень елементів схем автоматизації.

Атрибут TAG1 – є обов’язковим для формування назви позиційного позначення компонента. Значення за замовчуванням цього атрибута стає рядком коду, який використовується для формування позиційного позначення компонента при встановленні його у схему. Це значення використовується, як код (% F) в складі коду формату позиційного позначення, заданого в діалоговому вікні “Свойства чертежа”. Якщо компонент має фіксоване позиційне позначення, то до імені атрибута автоматично додається суфікс F (наприклад, TAG1F).

Атрибути TAG1\_PART1, TAG1\_PART2, TAG1\_PARTX дозволяють розбити назву позиційного позначення компонента на дві частини (наприклад, повна назва позиційного позначення MOT123 може бути розбите на два рядки, де в першому рядку буде значення MDOT, а в другому - 123). Якщо компонент з розбитим на частини позиційним позначенням позначений, як фіксований, імена атрибутів автоматично змінюються на TAG1F\_PART1 і TAG1F\_PART2.

До складу пакету “Графические образы трубопроводов и КИПиА” входять наступні схеми елементів:

- Обладнання;
- Резервуари та ємності;
- Сопла;
- Насоси;
- Арматура;
- Клапани;
- Приводи;
- Логічні функції;
- КВПіА;
- Потoki;
- Стрілки напрямку потоку.

### **Програма роботи**

1. Ознайомитися з принципами та правилами побудови схем автоматизації.



2. За заданою схемою технологічного процесу, або її частиною розробити схему автоматизації розгорнутим способом.
3. Описати принцип роботи та склад системи автоматизації.

### **Порядок виконання роботи**

1. Вибрати варіант схеми технологічного процесу (у якості варіанту доречно використовувати схему технологічного процесу з Курсового проекту або Бакалаврської роботи), а у разі необхідності студент може отримати інший варіант схеми за погодженням з викладачем.
2. Розробити схему автоматизації технологічного процесу розгорнутим способом, розмістивши всі засоби автоматизації на щитах і пультах, накресливши її згідно вимог Держстандарту, використовуючи стандартні бібліотеки засобів автоматизації системи AutoCAD Electrical або КОМПАС-3D. Позначення технологічного устаткування виконати у відповідності до ISO 10628.
3. Вивести назву та призначення всіх елементів схеми у вигляді специфікації.
4. Результати проектування оформити у вигляді звіту на стандартних аркушах формату А4. При потребі схему автоматизації можна розмістити на аркуші формату А3.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке схема автоматизації?
2. Як зображають технологічне устаткування і комунікації при розробці схем автоматизації?
3. Які основні вимоги до оформлення схем автоматизації?
4. Які способи виконання схем автоматизації?
5. Які основні правила зображення засобів вимірювання і автоматизації на схемах автоматизації?
6. Наведіть приклад побудови умовного позначення приладу для вимірювання, реєстрації та автоматичного регулювання співвідношення витрат.
7. Якими правилами необхідно керуватися при використанні умовних позначень за ДСТУ Б А.2.4-16?
8. Які основні вимоги позиційного позначення приладів і засобів автоматизації на схемах автоматизації?

9. Які існують винятки при позиційному позначенні елементів функціональних груп схем автоматизації?
10. Які обставини потрібно враховувати при визначенні границь кожної функціональної групи схем автоматизації?

## **Лабораторна робота №2**

### **Тема: Розробка принципових електричних схем**

**Мета:** Навчитись розробляти принципові електричні схеми для окремих самостійних елементів, установок чи частин автоматизованої системи.

#### **Теоретичні відомості**

*Принципові електричні схеми* визначають повний склад приладів, апаратів і пристроїв (а також зв'язки між ними) дія яких забезпечує вирішення задач керування, регулювання, захисту, вимірювання і сигналізації. Принципові схеми служать підставою для розробки інших документів проекту, монтажних таблиць щитів і пультів, схем з'єднань та зовнішніх підключень, тощо. Ці схеми також використовують для вивчення принципу дії, вони необхідні при налагоджувальних та експлуатаційних роботах. Розробка принципових електричних схем регламентується у ГОСТ 2.701, ГОСТ 2.702, ДСТУ Б А.2.4-3-95 (ГОСТ 21.408-93) «Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів», ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд» та ін.

При розробці систем автоматизації технологічних процесів принципові електричні схеми виконують для окремих самостійних елементів, установок або частин автоматизованої системи, наприклад, схема керування засувкою, схема автоматичного і дистанційного керування насосом, схема сигналізації рівня в резервуарі і т. п.

Принципові електричні схеми, що охоплюють цілий комплекс окремих елементів або установок агрегатів дають повне представлення про зв'язки між всіма елементами керування, блокування, захисту і сигналізації цих установок чи агрегатів. Прикладом таких схем може служити принципова електрична схема керування насосною установкою, що складається з насоса, вакуум-насоса і декількох електрифікованих засувок.

Простота і економічність проєктованих схем забезпечується застосуванням стандартної, найбільш дешевої апаратури і

типових вузлів; скороченням кількості елементів у схемі і обмеженням їхньої номенклатури; застосуванням систем електроприводу виробничих механізмів з високими енергетичними показниками, як в усталених так і в перехідних режимах роботи.

Принципова електрична схема повинна бути спроектована так, щоб її експлуатація у виробничих умовах була простою, вимагала мінімум витрат і уваги експлуатаційного персоналу, забезпечувала можливість проведення ремонтних і налагоджувальних робіт з дотриманням необхідних заходів безпеки. Оформлення будь-якої електричної схеми варто виконувати ясно, просто і компактно. Графічне оформлення схеми повинне сприяти найкращому сприйняттю її змісту.

У процесі проектування систем автоматизації різних технологічних процесів принципові електричні схеми розробляють у такому порядку:

- 1) на підставі схеми автоматизації складають чітко сформульовані технічні вимоги до розробки принципової електричної схеми;
- 2) встановлюють умови і послідовність дії схеми;
- 3) кожне зі заданих умов дії схеми зображують у вигляді елементарних кіл, що відповідають даній умові;
- 4) елементарні кола поєднують у загальну схему;
- 5) здійснюється вибір апаратури і електричний розрахунок параметрів окремих елементів (наприклад, опорів обмоток реле, навантаження контактів і т.п.);
- 6) коректують схему відповідно до можливостей вибраного обладнання;
- 7) перевіряють у схемі можливість виникнення помилкових чи обхідних кіл чи її неправильної роботи при ушкодженнях елементарних кіл і контактів;
- 8) розглядають можливі варіанти і приймають остаточну схему стосовно наявного обладнання.

*Позначення елементів* принципів електричних схем відповідають (ГОСТ 2.710-81), при цьому застосовують цифрове позначення контактів на приладі (1, 2, 3...), цифрово-літерне позначення контактів (2a1, 2b1, 2c1), літерне – код елемента.

Наприклад, однолітерний код – К (реле), дволітерний – КМ (контактор магнітний, пускач).

Перелік деяких літерних позначень елементів та пристроїв, які найчастіше використовують на принципових електричних схемах:

- А - пристрій (загальне позначення);
- АСЛ – регулятор;
- АСН - задатчик;
- В - перетворювач неелектричних величин в електричні;
- ВР - датчик тиску,
- ВН - датчик рівня;
- Д – інтегральні схеми (DA - аналогова, DD – цифрова);
- Е – різні елементи (EL - освітлювальна лампа, ЕК - нагрівальний елемент);
- F - запобіжники;
- G - генератори, джерела живлення;
- Н – пристрої індикації;
- К - реле, пускачі;
- L - котушки індуктивності, дроселі;
- М - двигуни;
- Р – прилади, вимірювальні пристрої (РА - амперметр, РV – вольтметр);
- Q – вимикачі силових кіл;
- R - резистори;
- S – комутаційні пристрої (SA - вимикач, SB - вимикач кнопковий; вимикачі, які спрацьовують від різних пристроїв: SL - від рівня, SP - від тиску, SQ - шляховий, SK - від температури);
- T - трансформатори;
- V - прилади напівпровідникові (VD - діод, VT - транзистор, VS – тиристор);
- X – з'єднання, контакти (ХТ – з'єднання розбірні, перемикач).

***Загальні правила виконання принципових електричних схем.*** Принципові електричні схеми керування, регулювання, вимірювання, сигналізації, живлення, що входять до складу проектів автоматизації технологічних процесів, *виконують* відповідно до вимог державних стандартів за існуючими правилами виконання схем, умовними графічними позначеннями,

маркуванням кіл і літерно-цифровим позначенням елементів. Виключенням є основний напис креслення, що оформляють так само, як і основні написи інших креслень, що входять до складу проекту; позначення (шифр) схеми має порядковий номер у описі матеріалів проекту.

*Графічні позначення елементів і лінії зв'язку* необхідно розташовувати на схемі таким чином, щоб забезпечити найкраще представлення про взаємодію її складових частин. Лінії зв'язку повинні складатися з горизонтальних і вертикальних відрізків і мати найменшу кількість зламів і взаємних перетинів. Відстань між сусідніми рівнобіжними лініями повинна бути не менше 3 мм.

Лінії зв'язку показуються повністю, однак у випадку, коли це ускладнює читання схем допускається здійснювати обриви. Місце обриву закінчується стрілкою, біля якої вказують, куди вона підключається і/чи необхідні характеристики кіл, наприклад позначення кола, полярність та ін. Лінії зв'язку, що переходять з одного листа на інший, обривають за межами зображення схеми поруч з обривом вказується позначення, яке надане цій лінії, наприклад: маркування проводу і у круглих дужках номер листа схеми, на який переходить лінія.

Якщо до складу принципової схеми входить будь-який пристрій, що має самостійну принципову схему, то він виділяється (окреслюється) суцільною лінією, яка відповідає товщині лінії зв'язку. Елементи, що складають функціональну групу чи пристрій, що не має самостійної принципової схеми, можуть на схемах виділятися штрих-пунктирними лініями, які відповідають товщині лінії зв'язку, при цьому вказується назву функціональної групи, а для пристрою - назву і/чи його тип і/чи позначення документу на підставі якого цей пристрій виконано. На принципових електричних схемах дозволяється розмежувати штрих-пунктирними лініями елементи і пристрої, розташовані в різних приміщеннях з вказівкою назви і/чи номеру приміщення.

На принципових електричних схемах, за потребою, можуть показуватися елементи схем іншого виду, наприклад елементи пневматичних, гідравлічних чи кінематичних схем а також елементи, що не входять у дану установку, але необхідні для роз'яснення принципу її роботи. Графічне позначення таких

елементів і пристроїв відокремлюють на схемі штрих пунктирними лініями, які дорівнюють товщині ліній зв'язку і поміщають написи у яких вказують місцезнаходження цих елементів та необхідні дані.

Елементи і пристрої на принципових електричних схемах можуть виконуватися сполученим або рознесеним способом. При *сполученому* способі складові частини елементів (котушки, контакти і т. п.) зображують в безпосередній близькості одні від одних (як у зібраному вигляді). При *рознесеному способі* складові частини елементів і пристроїв або окремі елементи зображують на схемі в різних місцях з метою наочного представлення окремих кіл. У цьому випадку схема складається з рядів, розташованих зліва на право або зверху вниз, як правило, у порядку послідовності дії окремих елементів схеми (рядковий спосіб).

При складанні принципових електричних схем доцільно деякі елементи показувати рознесеним способом, а інші сполученим. Допускається також при зображенні елементів рознесеним способом у вільному місці схеми поміщати умовні графічні позначення елементів, виконані сполученим способом. Елементи, використані у пристрої частково, зображують повністю із вказівкою використаних і не використаних частин (наприклад, у випадку часткового використання реле все рівно зображають всі його контакти).

Принципові електричні схеми, які присутні у АСУТП, як правило, розробляються на основі стандартних пристроїв (схеми підключення до ПЛК первинних чи вторинних вимірювальних перетворювачів, схеми живлення, схеми керування електроприводами, схеми регулюючих комплексів та ін.).

Розглянемо приклад схеми системи автоматичного регулювання рівня (рис. 2.1). Вона реалізує двопозиційний закон регулювання рівня у резервуарі. Заповнення резервуара регулюється регулюючим органом *PO*, який встановлений на вхідному трубопроводі. При подачі напруги (кнопка *SA1*) на щиті управління, засвітується лампочка *HL1*. Для роботи системи у автоматичному режимі необхідно встановити перемикач *SA2* у положення «4». При зниженні рівня у резервуарі до нижньої позначки, спрацьовує пристрій

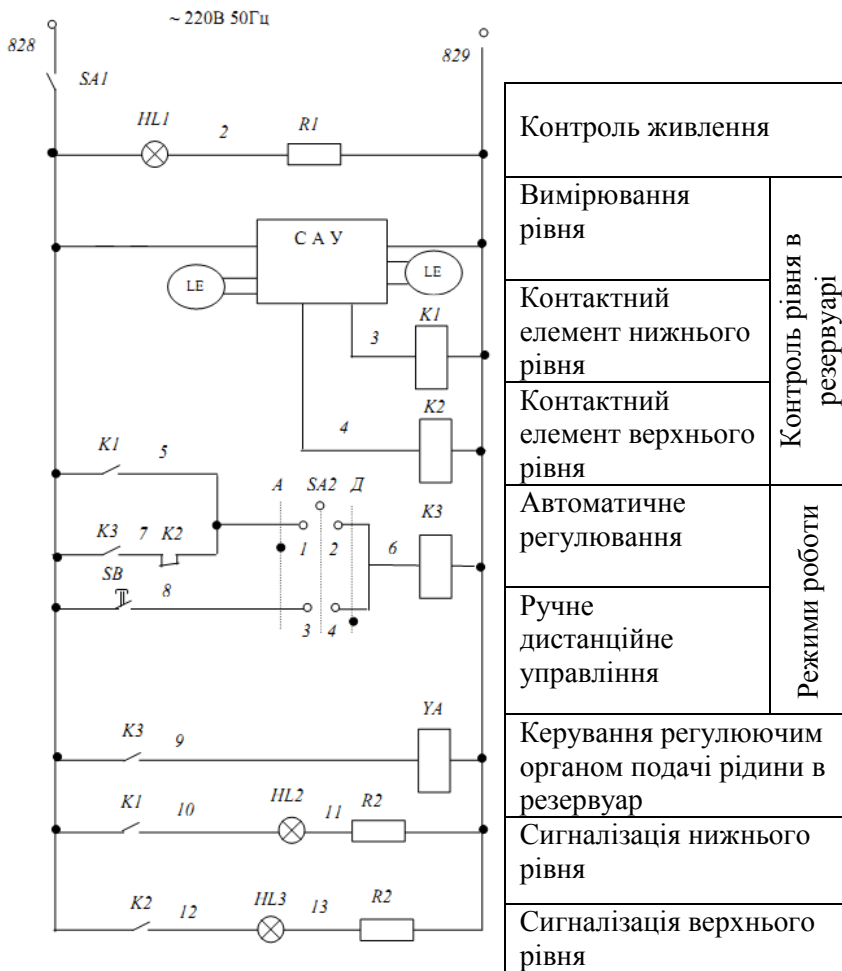


Рис.2.1. Фрагмент принципової суміщеної електричної схеми автоматичного регулювання і сигналізації рівня

сигналізації рівня САУ, який подає напругу на обмотку комутатора K1. Релейний елемент K1 спрацьовує і одним своїм замикаючим контактом вмикає сигнальну лампочку HL2, а іншим вмикає реле K3. Комутатор K3 спрацьовує і



самоблокується завдяки своєму замикаючому контакту  $K3$ , і розмикаючий контакт релейного елемента верхнього рівня  $K2$ . Одночасно з цим, іншим замикаючим контактом, реле  $K3$  подає живлення на електромагнітний вентиль  $YA$ . Вентиль відкривається і рідина поступає в резервуар. При перевищенні рівня  $L_{min}$  (нижній рівень) відключається реле  $K1$  і розмикаються всі його замикаючі контакт, а лампочка  $HL2$  гасне. Однак за рахунок самоблокування реле  $K3$  буде залишатися включеним і рідина буде надходити у резервуар. При досягнення значення верхнього рівня  $L_{max}$ , спрацьовує реле верхнього рівня  $K2$ , яке своїм замикаючим контактом включає сигнальну лампочку  $HL3$ , а розмикаючим контактом розриває коло самоблокування реле  $K3$ . Контактор  $K3$  відключається, розмикаються його замикаючі контакти і коло живлення електромагнітного вентиля  $YA$ . Він закривається і подача рідини у резервуар припиняється. Кнопка  $SB$  дозволяє здійснювати ручне дистанційне управління електромагнітним вентилем  $YA$  (перемикач  $SA2$  знаходиться в положенні «Д»).

На додаток до принципової електричної схеми потрібно розробити перелік комплектуючих елементів. Цей перелік можна виконати автоматично використовуючи систему *AutoCAD Electrical* або *КОМПАС-Электрик*. Його можна виконати, як на всі комплектуючі вироби так і на ті, які присутні в конкретній схемі проекту, тобто перелік елементів може формуватися до будь-якої схеми.

Перелік елементів створюється в автоматичному режимі і не потребує участі користувача. Всі дані для його заповнення система отримує з проекту і бази даних комплектуючих. Однотипні комплектуючі вироби автоматично сумуються і групуються.

Відомість закупівельних виробів (як і перелік елементів), формується в автоматичному режимі. Відомість створюється на весь проект і до неї потрапляють тільки ті вироби, які в базі даних мають відповідну ознаку.

Розглянемо приклад складання переліку елементів схеми за допомогою програми КОМПАС-Электрик. Для цього необхідно вибрати **Редактор схем и отчетов** в меню **ПУСК**. Зазвичай цей редактор знаходиться у папці Ascon у якій знаходяться всі

компоненти пов'язані з програмою Компас-3D. Після цього відбудеться запуск системи Компас-3D, а разом з ним і системи КОМПАС-Электрик (цей додаток необхідно вибрати ще при початковому встановленні системи Компас-3D на ПК). Створити проект в *Менеджері проектів*, для цього в закладці **Создать** натиснути лівою клавішею миші, ввести ім'я проекту і натиснути **ОК**. Створити в проекті новий документ *Схема електрична принципова*.

Далі потрібно накреслити принципову електричну схему, або завантажити готову. Для того, щоб виконати автоматичне створення переліку елементів всі вони мають бути вибрані з бази елементів. У випадку самостійного креслення якогось елементу його не буде додано у автоматичний перелік елементів. У такому разі його потрібно додати вручну. Для креслення принципової електричної схеми необхідно вибирати необхідні елементи схеми використовуючи команду УГО (*условные графические обозначения*), після виклику якої з'явиться діалогове вікно (рис. 2.2), в якому і здійснюється вибір необхідного елемента.

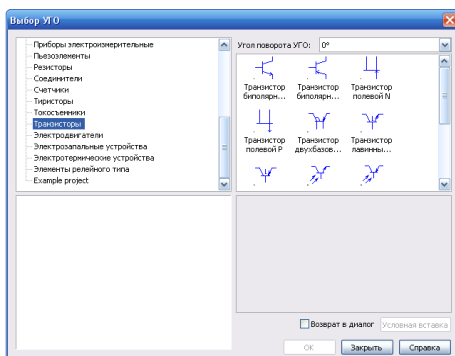


Рис. 2.2. Діалогове вікно вибору УГО

Для вибору елемента з бази даних необхідно ввести його позиційне позначення за допомогою вікна *Позиционное обозначение* (рис. 2.3).

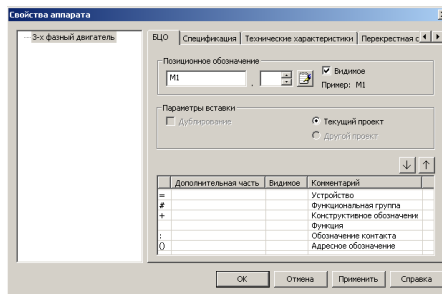


Рис. 2.3. Видягд вікна *Позиционное обозначение*

В закладці *Спецификация* (рис. 2.4) вибрати закладку *Изменить*, а з бази даних здійснити вибір відповідного елемента.

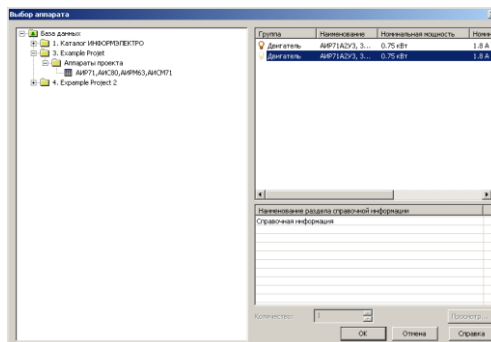


Рис. 2.4. Закладка *Спецификация*

Виконати маркування ліній електричного зв'язку. Для цього необхідно виділити усі відрізки відповідного провідника затиснувши клавішу *Shift*, викликати команду *Автоматическая маркировка* на панелі *КОМПАС-Электрик* (рис. 2.5).

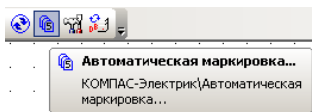


Рис. 2.5. Кнопка *Автоматическая маркировка*

Після цього заповнити діалогове вікно *Автоматическая растановка маркировки* (рис. 2.6). При цьому, різні лінії

можуть мати різне маркування, наприклад A1, F2, тощо. У Менеджері проектів створити новий тип документу Перечень элементов, а при потребі документ Ведомость покупок изделий.

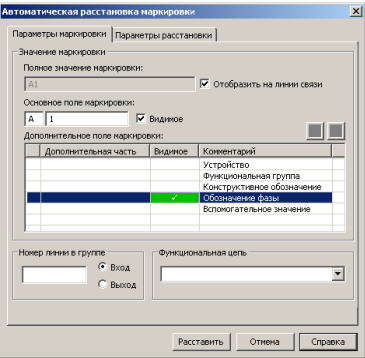


Рис. 2.6. Діалогове вікно *Автоматическая расстановка маркировки*

Розробка принципової електричної схеми за допомогою програми *AutoCAD Electrical* відбувається за допомогою інструмента «Графическое меню», яке знаходиться на панелі «Вставить компонент» у вкладці «Схема» (рис. 2.7).

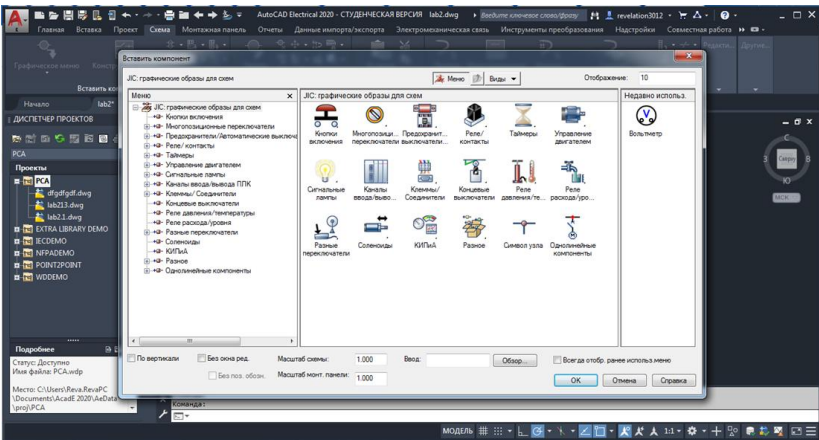


Рис. 2.7. Вигляд меню «Вставить компонент» для вставки компонентів принципової електричної схеми.

Для того, щоб вставити компонент з графічного меню необхідно: Клацнути на вкладці «Схема» панелі «Вставить компонент» список, що розкривається. У діалоговому вікні «Вставить компонент» виберіть початкову орієнтацію компонента - по горизонталі або по вертикалі. Якщо потрібно вставити компонент без позиційного позначення, встановіть прапорець «Без поз. Обозн.». При відсутності позиційного позначення відображається значення за замовчуванням. Далі потрібно вибрати компонент для вставки (наприклад, «Кнопки вклучення»), а потім значок або тип компонента зі списку в лівій частині, вказати точку вставки на кресленні і натиснути «ОК».

Для створення специфікацій у *AutoCAD Electrical* можна використовувати інструмент генерування звітів. Потрібно запустити *AutoCAD Electrical*. Відкрити принципову електричну схему та перейти на вкладку *Reports* та натиснути першу кнопку – *Reports*. В отриманому списку вибрати «Спецификация» (англ. *Bill of Material*). У вікні (рис. 2.8) перевірити, чи для кожного компоненту вказано виробника та номер за каталогом (марку, модель пристрою).

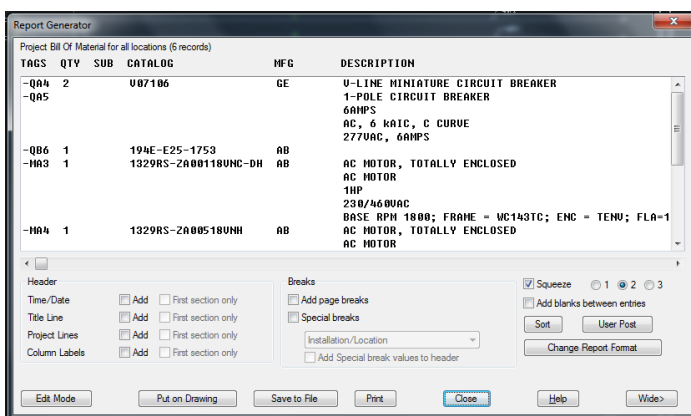


Рис. 2.8. Вікно перегляду згенерованого звіту – специфікації

Якщо виробник (MFG) та номер за каталогом (CATALOG) у певного компонента відсутні, необхідно скасувати створення специфікації та відредагувати атрибути елементу на

принциповій електричній схемі, додавши відсутні дані у відповідні поля. Після цього знову генеруємо специфікацію та розміщуємо на кресленні, натиснувши кнопку *Put on Drawing*. Отриману специфікацію можна експортувати у файл (пункт меню *Save as PDF*) та вставити у звіт.

### **Програма роботи**

1. Розглянути загальні правила виконання принципових електричних схем.
2. На основі схеми автоматизації технологічного процесу розробити принципову електричну схему.

### **Порядок виконання роботи**

1. За заданою СА (розроблена у попередній Лабораторній роботі №1) розробити принципову електричну схему. Для цього необхідно проаналізувати СА та визначити установки, пристрої чи окремі елементи для яких необхідно розробити принципову електричну схему, це можуть бути: електроприводи керування засувками, насосами чи компресорами, системи чи елементи регулювання та сигналізації рівня, системи чи елементи вимірювання температури, тощо.
2. Для того, щоб розробити принципову електричну схему, наприклад, принципову електричну схему керування електроприводом транспортера або насоса потрібно визначити: тип електроприводу, систему керування (ручна, автоматична чи дистанційна), систему захисту, тощо. Після цього вибрати (якщо не існує то розробити) типову(і) або стандартну(і) схему(и), що застосовують у промисловості. При цьому доречно скористатися з каталогів фірм виробників, або загальнодоступними ресурсами в інтернеті.
3. Якщо у схемі автоматизації є декілька електричних схем (наприклад, ПЕС керування декількома насосами, транспортерами, засувками) і ці схеми відмінні одна від одної, то потрібно виконати окремі ПЕС для кожної установки.
4. Розробити окремі принципові електричні схеми та (якщо це можливо) об'єднати їх у загальну схему, або створити декілька невеликих принципових схем на декількох чи одному аркуші.
5. У процесі розробки принципової(их) електричної(их) схеми

використовувати програми AutoCAD Electrical або КОМПАС-Електрик.

6. Розробити перелік використаних елементів у формі специфікації.

7. Результати проектування оформити у вигляді звіту на стандартних аркушах формату А4.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке принципові електричні схеми (ПЕС)?
2. Як забезпечується простота й економічність проєктованих ПЕС?
3. Які вимоги пред'являються до ПЕС відносно зручності експлуатації та чіткості оформлення?
4. Вкажіть в якому порядку розробляють ПЕС.
5. Як графічно позначаються елементи і з'єднуючі їх лінії зв'язку?
6. Як позначаються елементи, що складають функціональну групу чи пристрій, що не має самостійної принципової схеми?
7. Як виконуються ПЕС сполученим способом?
8. Як виконуються ПЕС рознесеним способом?

## **Лабораторна робота №3**

### **Тема: Розробка принципових електричних монтажних схеми з'єднань**

**Мета:** Навчитися проектувати монтажні схеми з'єднань графічним способом з використанням програми *AutoCAD Electrical* або *КОМПАС-Електрик*

#### **Теоретичні відомості**

З'єднання та підключення зовнішніх проводок показують у вигляді схем або таблиць. Схеми з'єднань та підключення виконують, як правило, роздільно для кожного блока, монтаж якого здійснюють незалежно від інших. При цьому в назві схеми додатково вказують назву блока, наприклад - блок насосів.

На *схема з'єднань зовнішніх проводок* рекомендується вказувати підключення електропроводок до приладів, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні і комунікаціях, а також до поодиноких позащитових (місцевих) приладів. Позначення жил кабелів та проводів на схемах і таблицях з'єднань та підключень приймають відповідно до принципових електричних схем на основі яких вони виконані.

Зовнішні електричні проводки виконують окремими суцільними основними товстими лініями. При цьому проводки, що прокладені у коробах, зображують двома паралельними тонкими лініями на відстані 3-4 мм одна від одної. Для кожної проводки, над лінією, що її зображує, наводять технічну характеристику (тип, марку кабеля, провода, труби і т. ін.) та довжину проводки. Допускається довжину вказувати під лінією проводки. Для електропроводок у захисних трубах під лінією вказують характеристику та довжину захисної труби.

Схеми з'єднань повинні містити:

- посилання на схеми автоматизації, на яких вказані позиційні позначення приладів;
- пояснення щодо нумерації кабелів, проводів, труб, коробів (при необхідності);
- вказівки щодо захисного заземлення та занулення електроустановок.

*Таблицю з'єднань у вигляді самостійного документа*



виконують на форматі А4. Форму таблиці з'єднань вибирає розроблювач схеми залежно від відомостей, які необхідно помістити на схемі (табл. 3.1).

У графах таблиць вказують наступні дані:

- у графі «Позначення проводу» — позначення одножильного проводу, жили кабелю (багатожильного проводу, електричного шнура) або проводу джгута;
- у графах «Звідки», «Куди» — умовні літерно-цифрові позначення елементів, що з'єднуються, або пристроїв;
- у графові «З'єднання» — умовні цифрові, літерно-цифрові позначення елементів, що з'єднуються, або пристроїв, розділяючи їх комами;
- у графі «Дані проводу»:
  - для одножильного проводу — марку, переріз і, при необхідності, колір відповідно до документа, на підставі якого його застосовують;
  - для кабелю (багатожильного проводу, електричного шнура), записуваного в специфікацію як матеріал, — марку, переріз і кількість жил відповідно до документа, на підставі якого застосовують кабель (багатожильний провід, електричний шнур);
- у графі «Примітка» — додаткові уточнюючі дані.

Табл. 3.1



За основу виконання схем з'єднань використовують розроблені раніше принципи електричні схеми. Для прикладу розглянемо принципову електричну схему керування електродвигунами (рис. 3.1), перелік елементів до неї подано у табл. 3.2. Усі елементи розглянутої схеми мають одно- або

дволітерні позначення. Наприклад, двигуни 1М, 2М, контактори КМ1, КМ2, перемикачі 1SA1, 2SA1, сигнальні лампочки 1НЛ1, 2НЛ1 і т.д.

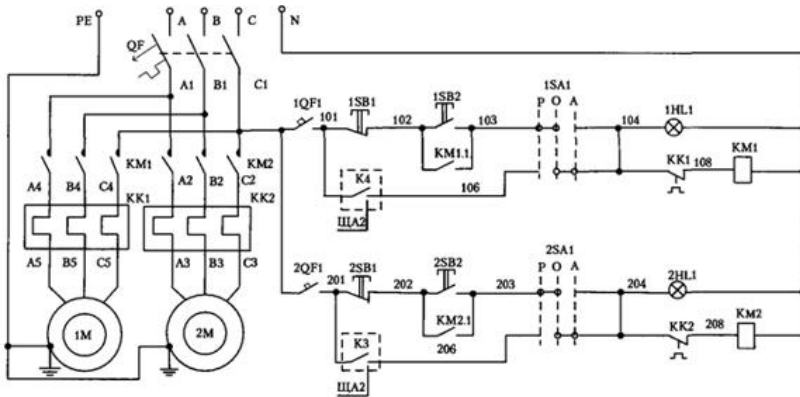


Рис. 3.1. Принципова електрична схема керування електродвигунами

З'єднувальні провідники позначені арабськими цифрами, при цьому номери проводів, що мають загальну точку однакові. Так, кнопка 1SB1 з'єднана одним проводом з 1SB2 та з замикаючим додатковим контактом КМ1.1 контактора КМ1, при цьому вони позначені номером 102. А власні маркування апаратів не позначені, що необхідно врахувати при складанні схем з'єднань.

Аналіз схеми показав, що котушка магнітного пускача КМ1 (КМ2) буде замикати робочі контакти і подавати напругу на двигуни 1М (2М) при натисканні кнопок 1SB2 (2SB2). Це можна здійснити тільки у ручному режимі, коли перемикач 1SA1 (2SA1) перебуває в положенні Р. При цьому, контактор КМ1 (КМ2) через свій власний контакт КМ1.1 (КМ2.1) заблокується. Вимикання двигуна 1М (2М) у цьому режимі здійснюється при натисканні на кнопку 1SB1 (2SB1).

У положенні А перемикача 1SA1 (2SA1), що відповідає автоматичному режиму, двигуни будуть вмикатися автоматично за допомогою контактів реле К4 (К3), які управляються

контролером (на даній схемі не показаний). На це вказує пунктирна лінія навколо контактів і посилання на певний номер аркуша принципової схеми (ЩА2). При перевантаженні двигуна спрацьовує теплове реле КК1 (КК2) розмикаючий контакт, якого припиняє подачу напруги на котушку контактора КМ1 (КМ2).

Табл. 3.2.

Перелік елементів та пристроїв до принципової електричної схеми (рис. 3.1)

Позиційне позначення	Назва	Кількість	Примітка
На механізмі			
1М, 2М	Двигун асинхр. 3ф., тип MDХМА90-32, 1,5кВт, 1410хв <sup>-1</sup> , 380В, 3,5А	2	
На щиті місцевого управління (ЩМУ)			
QF	Вимикач автоматичний ТемDin 3С, $I_n=10A$ ; $U_n=380V$	1	
КМ1, КМ2	Контактор типу 11МС6.10, $I_n=6A$ , $U_k=220V$ , 1 зам. дод. Контакт	2	
КК1, КК2	Реле теплове, тип 11RF9,5, $I_{cp}=3-5A$	2	
1QF1, 2QF1	Вимикач автоматичний, тип ТемDin 1С, $I_n=1A$ ; $U_n=220V$	2	
1SB1, 2SB1	Кнопка управління, тип 8LM2TB104.1 розмірний контакт, штовхач червоного кольору	2	На дверях ЩМУ 1
1SB2, 2SB2	Кнопка управління, тип 8LM2TB102.1 зам. контур, штовхач чорного кольору	2	На дверях ЩМУ 1
1SA1, 2SA1	Перемикач, 3-поз. стабільний, тип 8DM2TS130	2	На дверях ЩМУ 1
1HL1, 2HL1	Арматура світлосигнальна зелена, тип 8LP2TIL223, з лампою розжарювання 220В змінного струму	2	На дверях ЩМУ 1

За даною принциповою електричною схемою розроблена монтажна схема (рис. 3.2). Розташування апаратури на цій схемі

приблизно відповідає фактичному її розміщенню в конструкції щита керування.

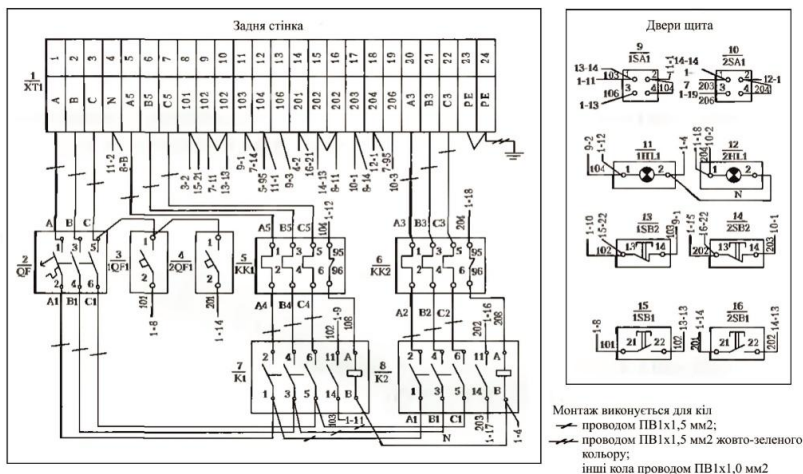


Рис. 3.2. Схема з'єднань щита місцевого керування

Поруч з кожним апаратом проставлений порядковий номер і позиційне позначення, наприклад, біля клемної колодки —  $\frac{1}{\text{XT1}}$ , ввідного автоматичного вимикача —  $\frac{2}{\text{OF}}$  і т.д. В середині кожного елемента знаходиться нумерація виводів відповідно до заводського маркування.

Монтаж силових кіл виконується прямим з'єднанням провідників між апаратами, а кіл керування адресним методом, наприклад, електричне коло 104 (див. рис. 3.1) виконано в такий спосіб. Виводи 2 і 4 перемикача 1SA1 (апарат 9) перемкнуті між собою, а з вивода 2 виходить провід 11-1 (апарат 11, вивід 1). Другий кінець цього проводу на лампочці 1HL1 (апарат 11) має маркування 9-2 (апарат 9, вивід 2). Крім того, з вивода 1 апарата 11 відходить провід 1-12 (на клемник XT1), який на другому кінці має маркування 11-1. Провід, що з'єднує клемник 12XT1 з контактом теплового реле KK1, має маркування 5-95 і 1-12 відповідно з боку клемника й реле. Таким чином виконується адресація всіх елементів схеми з'єднань у відповідності до

вихідної схеми, що на рис. 3.1.

На полі креслення схеми зазначається, які проводки яким проводом монтувати, а для захисного нульового проводу - вказано колір, крім цього, тут можуть бути зазначені способи ведення монтажу. Наприклад: «Монтаж виконати з використанням перфорованих коробів 25X25 мм із їхньою установкою за місцем»; «Провода, що з'єднують клемник ХТ1 з апаратурою на дверях шафи, виконати у вигляді джгута в спіральній трубі діаметром 10 мм», і т.п.

Якщо за технічними умовами на апаратуру прокладка проводів з використанням джгутів недопустима (наприклад, компенсаційні проводки), або необхідне застосування екранованого проводу, то такі проводки на схемі зображують пунктиром. При цьому кінці екранів повинні бути з'єднані з нульовим захисним провідником РЕ.

Монтажна схема передбачає розробку переліку комплектуючих елементів. Цей перелік можна виконати автоматично використовуючи систему КОМПАС-Електрик (рис. 3.3) або AutoCAD Electrical. Цей перелік можна виконати, як на всі комплектуючі вироби так і на ті, які присутні в конкретній схемі проекту, тобто перелік елементів може формуватися до будь-якої схеми.

Перелік елементів створюється в автоматичному режимі і не потребує участі користувача. Всі дані для його заповнення система отримує із проекту і бази даних комплектуючих. Однотипні комплектуючі вироби автоматично сумуються і групуються.

Відомість закупівельних виробів (як і перелік елементів), формується в автоматичному режимі. Відомість створюється на увесь проект і до неї потрапляють тільки ті вироби, які в базі даних мають відповідну ознаку.

Розглянемо приклад складання переліку елементів схеми за допомогою програми КОМПАС -Електрик. Для цього необхідно вибрати **Редактор схем и отчетов** в меню **ПУСК**. Після чого відбудеться запуск системи Компас 3D, а разом з ним і системи КОМПАС-Електрик. Створити проект в **Менеджері проектів**, для цього в закладці **Создать** натиснути лівою клавішею миші,

ввести ім'я проекту і натиснути **ОК**. Створити в проєкті новий документ *Схема електрична монтажна*.

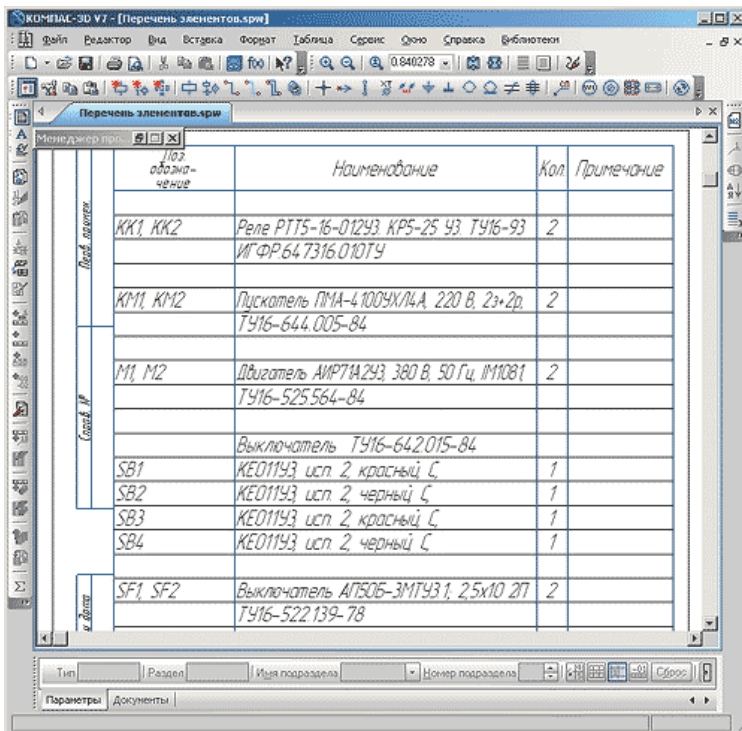


Рис. 3.3. Фрагмент переліку елементів

Далі потрібно накреслити монтажну схему, або завантажити готову. Для того, щоб виконати автоматичне створення перелік елементів всі вони мають бути вибрані з бази елементів, у випадку самостійного креслення елемента, у автоматичний перелік елементів він не потрапить. Для вибору необхідного елемента схеми потрібно використовувати команду **УГО** (*условные графические обозначения*), після виклику якої з'явиться діалогове вікно (рис. 3.4), в якому і здійснюється вибір необхідного елемента.

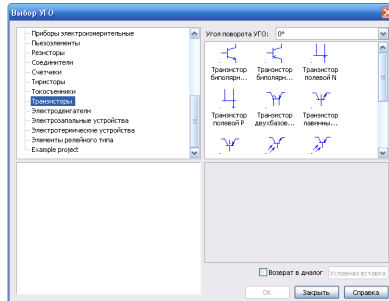


Рис. 3.4. Диалогове вікно вибору **УГО**

Для вибору елементу з бази даних необхідно ввести його позиційне позначення за допомогою вікна **Позиционное обозначение** (рис. 3.5).

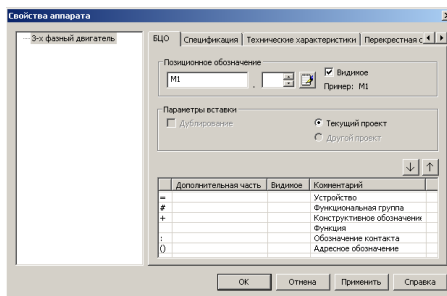


Рис. 3.5. Вигляд вікна **Позиционное обозначение**

В закладці **Спецификация** (рис. 3.6) вибрати закладку **Изменить**, а з бази даних здійснити вибір відповідного елемента.

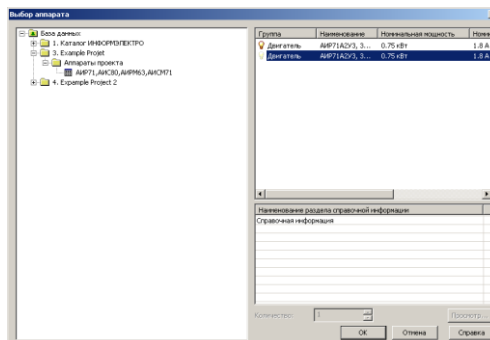


Рис. 3.6. Закладка **Спецификация**

Виконати маркування ліній електричного зв'язку. Для цього необхідно виділити усі відрізки відповідного провідника затиснувши клавішу Shift, викликати команду **Автоматическая маркировка** на панелі КОМПАС-Электрик (рис. 3.7).

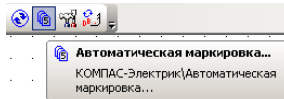


Рис. 3.7. Кнопка **Автоматическая маркировка**

Після цього, заповнити діалогове вікно **Автоматическая расстановка маркировки** (рис. 3.8), при цьому, різні лінії можуть мати різне маркування, наприклад A1, F2, тощо.

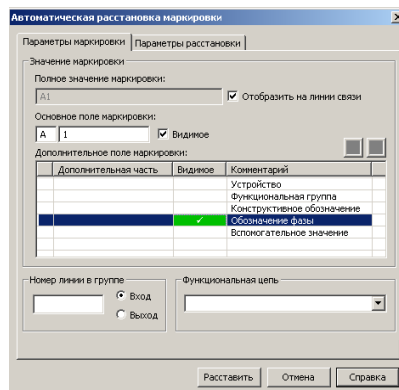


Рис. 3.8. Діалогове вікно **Автоматическая расстановка маркировки**

У Менеджері проектів створити новий тип документу **Перечень элементов**, а при потребі документ **Ведомость покупных изделий**.

**Розробка принципової монтажної схеми з'єднань за допомогою програми AutoCAD Electrical.** Оскільки принципової монтажної схеми з'єднань є також принциповою електричною схемою, то її розробка відбувається за допомогою подібних інструментів, що і для розробки звичайної



принципової електричної схеми «Графическое меню», яке знаходиться на панелі «Вставить компонент» у вкладці «Схема» (рис. 3.9). Тут ви можете використовувати різні «IEC: графические образы для схем», наприклад «Реле/контакты», «Клеммы/Соединители» та ін.

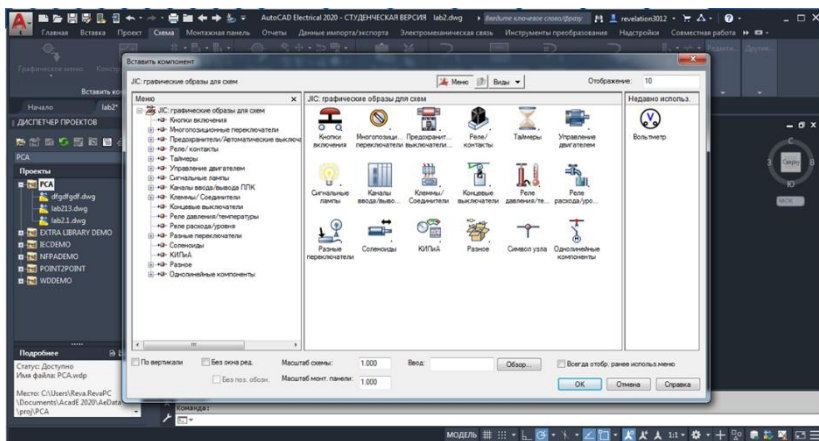


Рис. 3.9. Вигляд меню «Вставить компонент» для вставки компонентів принципової електричної схеми

Для того, щоб вставити компонент з графічного меню необхідно: Клацнути на вкладці «Схема» панелі «Вставить компонент» список, що розкривається. У діалоговому вікні «Вставить компонент» виберіть початкову орієнтацію компонента - по горизонталі або по вертикалі. Якщо потрібно вставити компонент без позиційного позначення, встановіть прапорець «Без поз. Обозн.». При відсутності позиційного позначення відображається значення за замовчуванням. Далі потрібно вибрати компонент для вставки (наприклад, «Кнопки включения»), а потім значок або тип компонента зі списку в лівій частині, вказати точку вставки на кресленні і натиснути «ОК».

Крім «Графическое меню» можна також використовувати вкладку «Монтажная панель», яка знаходиться поряд зі вкладкою «Схема», де можна вибрати готові клемні колодки за допомогою елементу «Редактор» (рис. 3.10) та інші елементи

[illegible]

## Програма роботи

- 50

принципову монтажну схему з'єднань.

### **Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитися з правилами виконання схем з'єднань графічним та табличним способами.
2. Виконати схему з'єднань за розробленою на Лабораторній роботі №2 принциповою електричною схемою використовуючи програмний комплекс КОМПАС-Електрик, або AutoCAD Electrical.
3. Якщо у Лабораторній роботі №2 є декілька електричних схем (наприклад, ПЕС керування декількома насосами, транспортерами, засувками) і ці схеми відмінні одна від одної, то потрібно виконати окремі монтажні схеми для кожної установки.
4. Розробити перелік використаних елементів у формі специфікації.
5. Результати проектування оформити у вигляді звіту на стандартних аркушах формату А4.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке принципова електрична монтажна схема?
2. Яка особливість побудови монтажних схем?
3. Яка особливість розробки таблиці з'єднань?
4. Вкажіть в якому порядку розробляють принципові електричні монтажні схеми.
5. Як графічно позначаються елементи, пристрої і лінії зв'язку на монтажних схемах?
6. Які методи використовуються при з'єднанні провідників на монтажних схемах?
7. Яка особливість маркування провідників монтажної схеми?
8. Як виконується розробка переліку комплектуючих елементів монтажної схеми?

## Лабораторна робота №4

### Тема: Розробка конструкції нетипового малогабаритного щита управління

**Мета:** Розглянути способи проектування щитів і пультів та навчитися використовувати Autodesk Inventor для проектування нетипового малогабаритного щита управління

#### Теоретичні відомості

*Щити і пульти* систем автоматизації (рис. 4.1) виконують роль постів контролю, керування і сигналізації автоматизованого об'єкта, вони є сполучною ланкою між об'єктом керування і оператором. На щитах і пультах розташовують засоби контролю, керування і сигналізації технологічних процесів (контрольно-вимірювальні прилади, апаратуру керування і регулювання, пристрої сигналізації і захисту). На фасадних частинах щитів і пультів розміщують мнемосхеми, пояснюючі написи, освітлювальні пристрої тощо. Також вони служать несучою конструкцією для встановлення приладів, засобів автоматизації та проводок.



Рис. 4.1. Загальний вид малогабаритного щита

*За призначенням* щити поділяються на: місцеві, агрегатні, блочні, центральні і допоміжні. На *місцевих* щитах монтуються прилади і засоби керування частиною технологічної установки

(індивідуальної установки). В основному місцеві щити являються шафовими і розміщені біля контрольованого об'єкта, тобто у виробничому приміщенні. *Агрегатні* щити призначені для монтажу засобів контролю і управління одним технологічним агрегатом, а також однотипними агрегатами і технологічними установками, які розміщені в одному приміщенні. Такі щити зазвичай постачаються заводом-виробником у комплекті з агрегатом. *Блочні* щити служать для розміщення приладів і засобів керування роботою пов'язаних між собою агрегатів, що утворюють комплексну установку.

*Центральні* щити (диспетчерські) – це щити, на яких зосереджують засоби контролю і регулювання технологічних процесів цеху, заводу або комплексу технологічно пов'язаних виробництв. Центральні щити встановлюються у спеціальних приміщеннях КВПіА. *Допоміжні* щити – це щити неоперативного призначення. Вони поділяються на: релейні - на них розміщують електроапаратуру, елементи систем електричної сигналізації, блокування і управління; живлення – служать для підведення електроенергії до системи КВПіА; з підігрівом (малогабаритні) – застосовуються при монтажі приладів на відкритих площадках і в неопалюваних приміщеннях.

*За конструкцією* розрізняють: щити шафові нормальних габаритних розмірів (повногабаритні), шафові малогабаритні, панельні з каркасом, штативи і допоміжні пристрої до щитів. Конструкцію щитів, штативів і пультів регламентує ОСТ 36.13-90 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов» і розроблене до нього доповнення РМ 3-82-90, яке визначає конструкцію щитів і пультів.

При проектуванні систем автоматизації, зазвичай не розробляють весь комплект технічної документації на щити і пульти, тому що вони виконуються заводами-виробниками. Але деколи необхідно виготовити нестандартну конструкцію щитів і пультів. У такому випадку у проектах необхідно додатково розробити:

- кресленнях загальних видів щитів і пультів;
- перелік встановлюваних приладів і апаратури;
- розміщення апаратури на щитах;

- особливості з'єднань, тощо.

Для проектування щитів і пультів у системі *Autodesk Inventor* використовують опцію листове тіло, яке формується витисканням ескізу у напрямку перпендикулярному до його площини. Перед побудовою листового тіла в деталі необхідно створити ескіз моделі, який буде визначати форму тіла. Для переходу в середовище створення ескізу потрібно натиснути **Файл-Створити-Деталь**. Після цього створюємо ескіз необхідного розміру рис. 4.2.

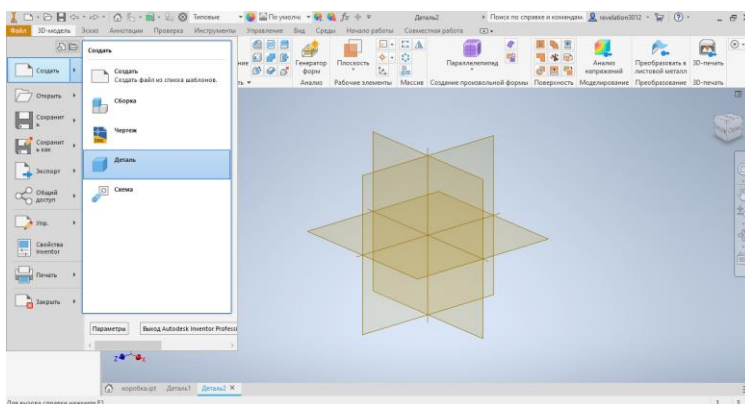


Рис 4.2. Виклик команди створення ескізу

Після створення ескізу скористаємося командою **«Преобразовать в документ листового металла»** інструментальної панелі **«Преобразовать в»**. Виклик здійснюється натисканням на відповідній команді (рис. 4.3, а).

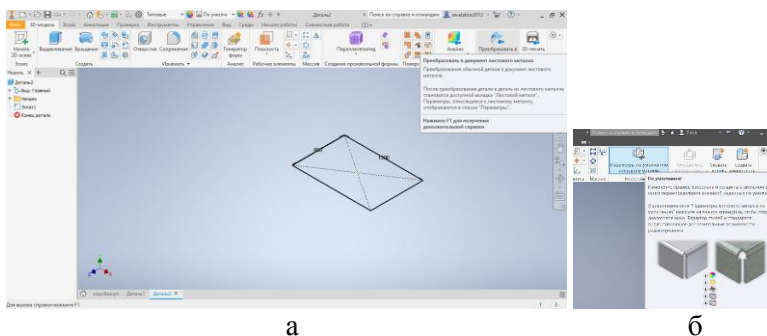


Рис 4.3. Перетворення ескізу в листовий метал

Параметри листового тіла задаються на вкладці **«Параметры по умолчанию листового металла»** (рис. 4.3, б) на панелі **«Настройки»**. Для створення грані з листового металу скористаємося командою **«Грань»** на панелі **«Создать»** (рис. 4.4).

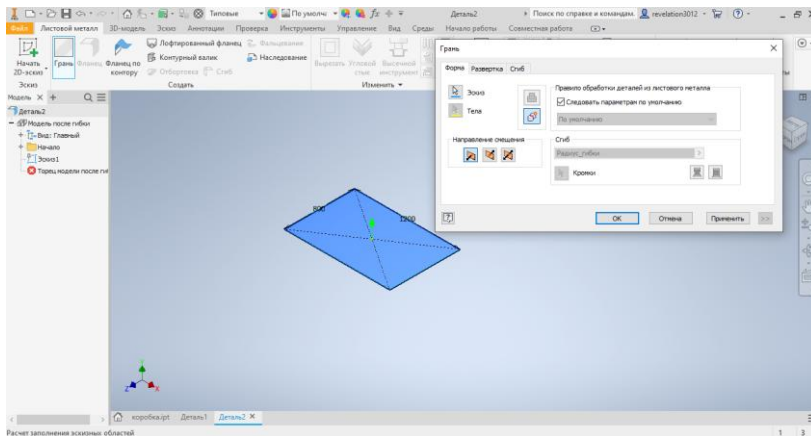





Рис 4.4. Створення грані


Якщо потрібно додати товщину листового матеріалу до профілю ескизу, щоб створити грань листового металу, потрібно встановити товщину листового матеріалу вибираємо у відповідності до стандартів на вкладці **Параметры по умолчанию листового металла** (наприклад, 0,0015-,015м). Перший створюваний елемент є базовим. Для наступних граней, якщо одна лінія в контурі збігається з уже існуючою кромкою листового металу, автоматично створюється згин, але для базового елемента параметри **«Сгиб»** і **«Кромки»** недоступні. Послідовність побудови наступна:

1. Побудуйте профіль, який представляє форму грані, яку необхідно створити.
2. Виберіть **«Листовой металл»** ➤ панель **«Создать»** ➤ **Грань** .
3. За наявності кількох профілів, натисніть **«Профиль»** і виберіть профіль для грані з листового металу.

4. Якщо у файлі деталі є два і більше тіла, натисніть **«Выбор тел»**, щоб вказати тіла, які будуть задіяні.

5. Щоб змінити напрямок товщини грані, використовуйте вибір зі списку **«Направление смещения»**.

- Натисніть кнопку **«Сменить сторону»**  або , щоб змістити товщину матеріалу по іншу сторону обраного профілю.

- Виберіть **«Обе стороны»** , щоб змістити товщину матеріалу рівномірно на обидві сторони обраного профілю.6.

6. Натисніть кнопку **«ОК»**, щоб створити грань і закрити вікно. Якщо потрібно створити додаткові грані з листового металу, натисніть кнопку **«Применить»**.

У результаті виконання описаної послідовності отримаємо листове тіло, яке показано на рис. 4.5.

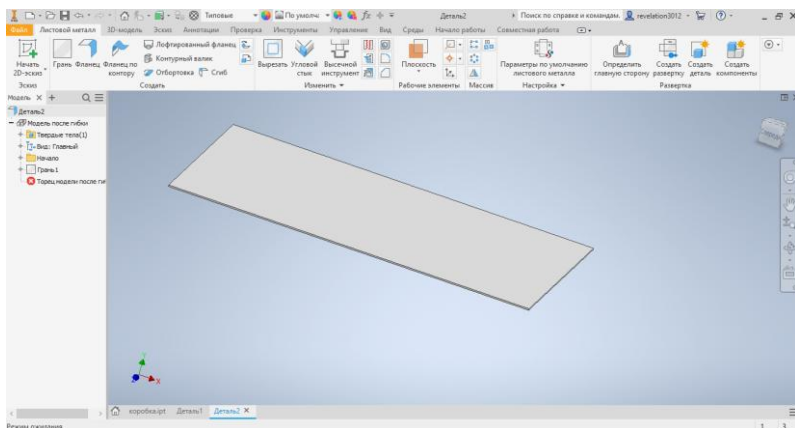



Рис. 3.5. Результат розробки початкового листового тіла

Створити фланець бокових сторін. можна вздовж ребра або контуру ребер. До існуючої межі листового металу можна додати ще одну грань листового металу і згин. При створенні фланця відобразиться попередній вигляд фланця вздовж обраного ребра з використанням параметрів за замовчуванням. Послідовність виконання наступна:

1. Виберіть вкладку **«Листовой металл»** ➤ панель **«Создать»** ➤ **Фланец** .



2. На вкладці **«Форма»** виконайте одну з таких дій:
    - Для створення фланця вздовж ребра натисніть **«Режим выбора ребра»** і виберіть одне або кілька ребер.
    - Для створення фланця навколо контуру ребер натисніть **«Режим выбора контура»** і виберіть контур.
  3. У списку **«Границы высоты»** виконайте одну з таких дій.
    - Виберіть **«Расстояние»** і введіть значення в списку.
    - Виберіть **«До»** і виберіть геометрію, яка визначає висоту фланця.
  4. При необхідності для зміни сторони грані листового металу, на якій створюється фланець, натисніть **«Изменить направление»**.
  5. Налаштуйте такі параметри:
    - **«Угол фланца»**. Завання кута фланця щодо межі з вибраними ребрами.
    - **«Радиус изгиба»**.
  6. Щоб додати кілька фланців, натисніть кнопку **«Применить»**.
- Отримана модель Листове тіло з фланцями необхідної висоти показана на рис. 4.6.

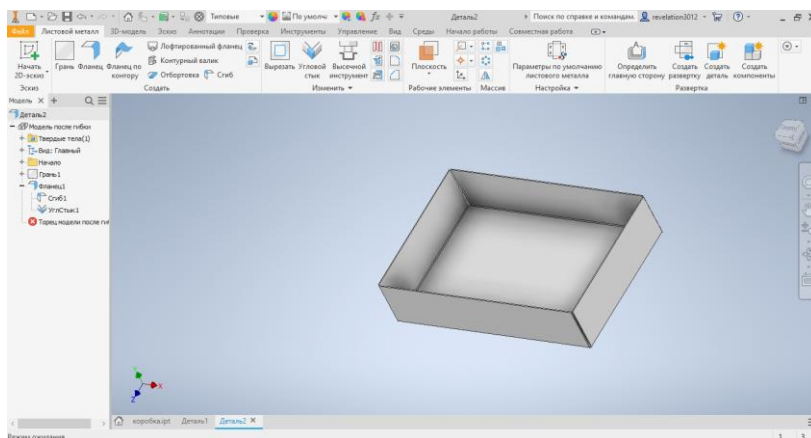


Рис 4.6. Листовое тіло з фланцями необхідної висоти

Передню частину щита будемо також за допомогою інструмента **«Фланец»** (рис. 4.7). Для того, щоб двері не провалювалися всередину, потрібно створити додаткові три

фланці у які будуть впиралися двері щита, а з лівої сторони щита будуть встановлені завіси для дверей.

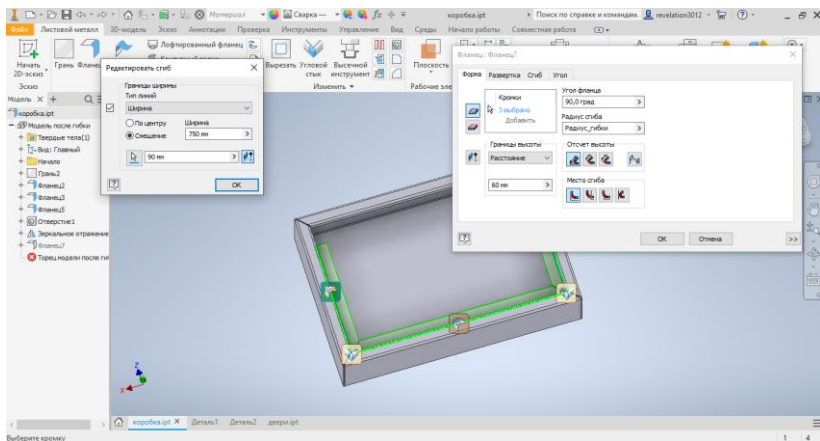



Рис 4.7. Побудова передньої частини щита

Для задання ширини фланця використовуємо панель «Дополнительно» діалогового вікна «Фланец» на якій містяться додаткові способи задання ширини фланця за такою послідовністю:

1. У правому нижньому кутку діалогового вікна «Фланец» клацніть «**Подробности**»
2. У списку «**Тип Границы**» виберіть один з наступних варіантів:
  - Щоб створити фланець, який буде проходити уздовж всього ребра, виберіть «**Ребро**».
  - Щоб вказати певну ширину, клацніть «**Ширина**» та введіть значення. Щоб виправити зміщення фланця, вкажіть «**По центру**» або «**Смещение**».
  - Щоб у якості ширини використовувати зміщення, натисніть «**Смещение**» і вкажіть значення в списках, що розкриваються «**Смещение 1**» і «**Смещение 2**»..
  - Щоб використовувати значення з існуючої геометрії, виберіть «**От/До**», а потім виберіть початкову геометрію моделі для першого зсуву і кінцеву геометрію для другого зсуву.

Для того щоб на моделі створити отвори для кабелів, завісів, вирізи під елементи індикації та перемикачі потрібно створити

ескізи майбутніх отворів (рис. 4.8). Після цього використовуючи інструмент для створення отворів вирізаємо отвір(и) (рис. 4.9) за такою послідовністю:

1. Виберіть вкладку «3D-модель» ➤ «Изменить» ➤ «Отверстие» .
2. Задайте необхідні параметри отворів
3. Натисніть кнопку «ОК»

У результаті отримаємо отвори, як це показано на рис. 4.10.

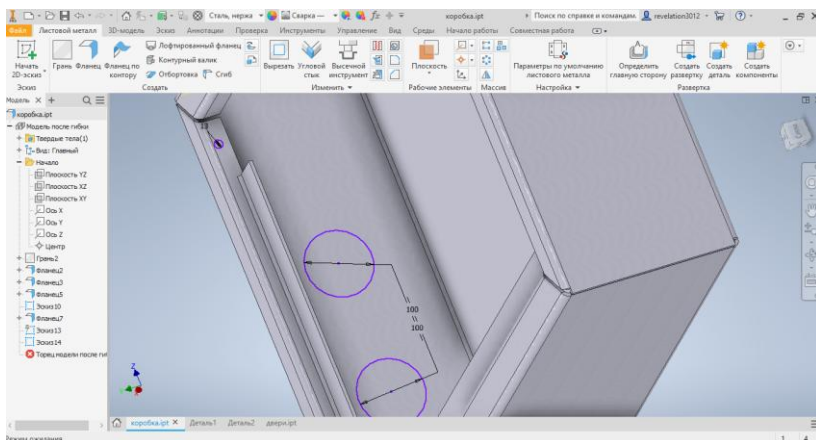


Рис 4.8. Ескізи для отворів завісів та кабелів

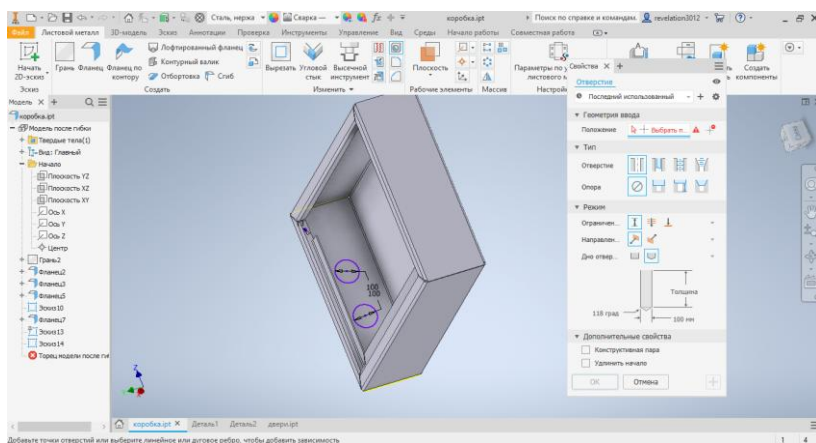


Рис 4.9. Інструмент створення отворів.

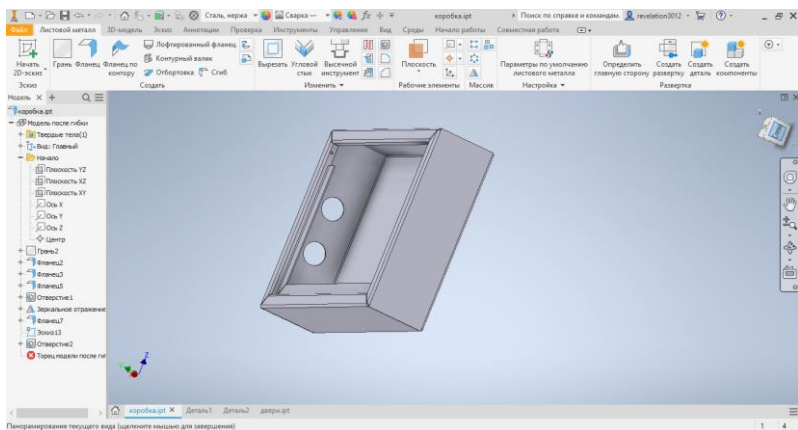


Рис 4.10. Отримані отвори

Для створення отворів під кронштейни використаємо інструмент **«Вырезать»**. Послідовність виконання вирізів розглянемо нижче, коли будемо вирізати отвори для елементів на дверях щита.

При створенні ескізу профілю, який буде використовуватися для вирізу по згинах, рекомендується спроектувати на ескіз розгорнуту геометрію. Ця команда використовується для проектування плоскої грані разом з лініями згину, які можна використовувати для нанесення розмірів на ескіз.

1. Спочатку виберіть плоску грань для створення ескізу, а потім за допомогою команди **«Создать развертку»** виберіть межі обраної грані ескізу.
2. На вкладці ескіз створіть необхідний ескіз за відповідними розмірами, а потім виконайте команду **«Вырезать»** на панелі **«Развертка»**
3. За допомогою команди ескізу **«Разрізати модель»** видаліть геометрію моделі зі згином з площини ескізу.
4. Якщо необхідно виконати декілька вирізів кілька, то необхідно натиснути **«Выбор тел»**.

- Після цього, можна вказати параметри вирізів: встановлюються глибина і напрямок вирізу:

- **Глубина:** До следующего, До выбранного, От и до. Насквозь.
- Щоб задати товщину виберуть меню **Толщина:**

- Вкажіть один з варіантів відступув: .

Для створення дверей щита скористаймося тією ж послідовністю та інструментам, що розглянуті вище. Послідовність розробки дверей щита проілюстрована на рис. 4.11 – 4.13.

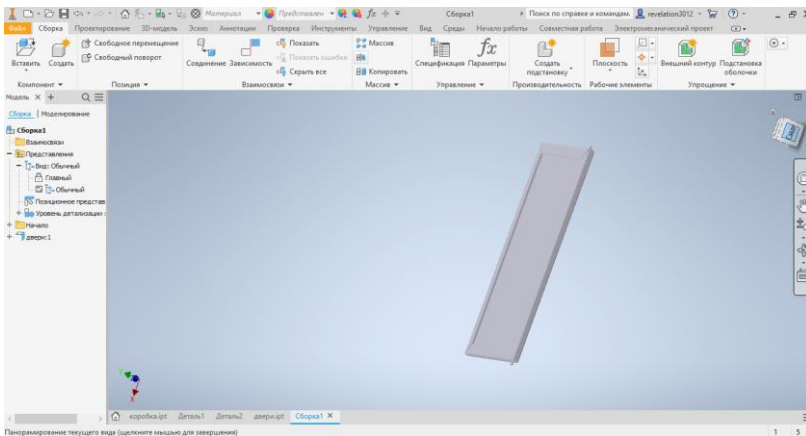


Рис 4.11. Розробка моделі дверей щита з листового тіла

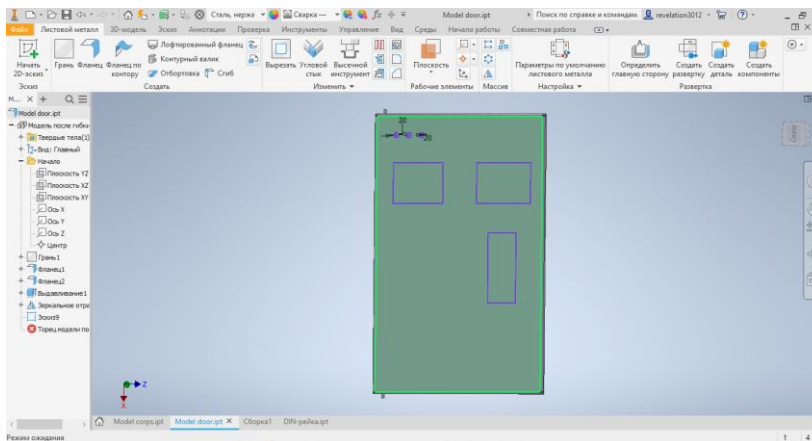


Рис. 4.12 Створення ескізу на розгортці дверей щита

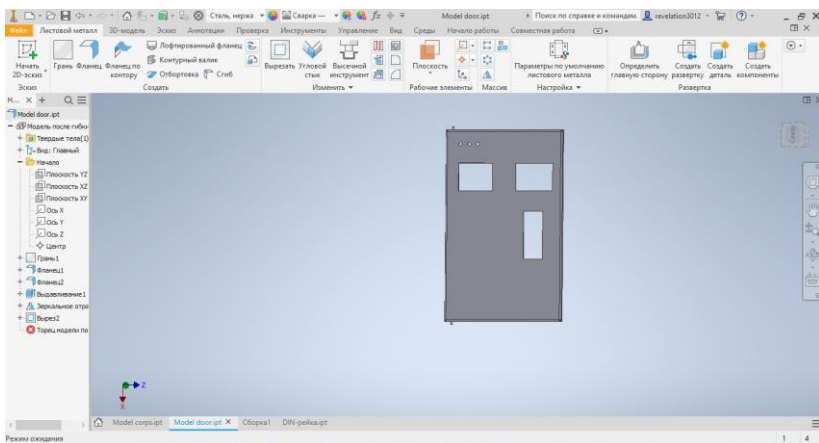


Рис. 4.13. Вигляд готових отворів для встановлення обладнання на дверях щита

За допомогою функції «Сборка» (Файл ► Создать ► Сборка) та болтовых з'єднань, які детально розглядалися у лабораторних роботах попереднього семестру виконаємо остаточну розробку моделі щита (рис. 4.14).

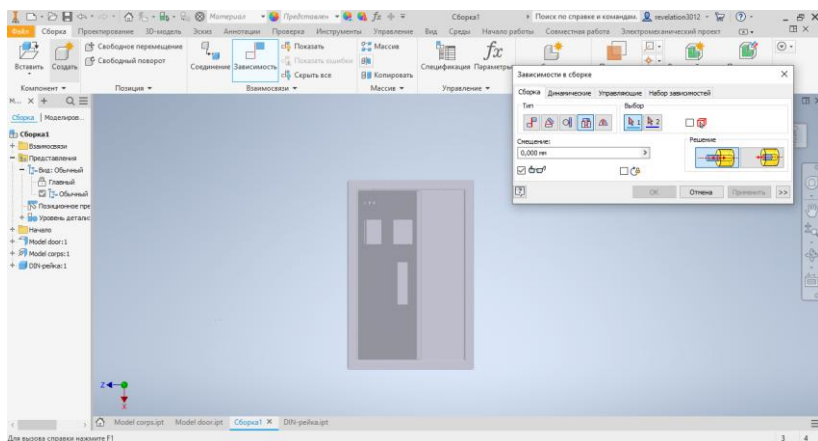


Рис. 4.14. Створення сборки корпуса та дверей щита

Останнім кроком буде кріплення DIN-рейки за допомогою болтового з'єднання. Для цього нам потрібно відкрити модель

DIN-рейки, створити ескіз отворів для кріплення та використати інструмент *«Отверстие»*, виконуємо подібно до попередніх етапів моделювання щита за послідовністю, яка показана на рис. 4.15-4.18.

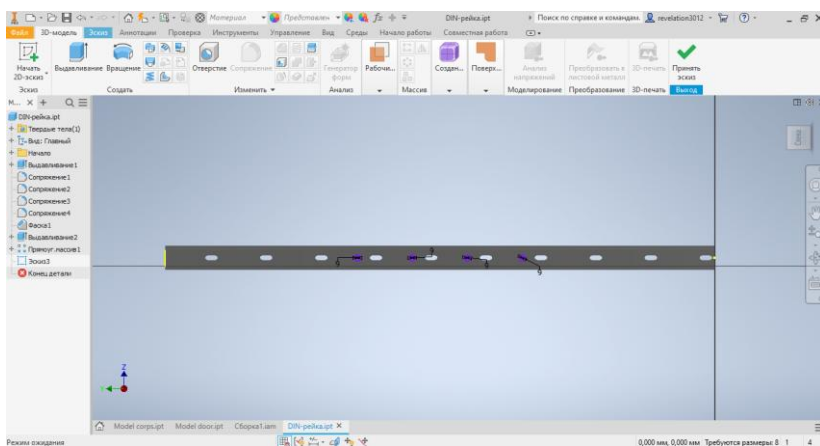


Рис. 4.15 Ескіз створення отворів для болтового з'єднання DIN-рейки

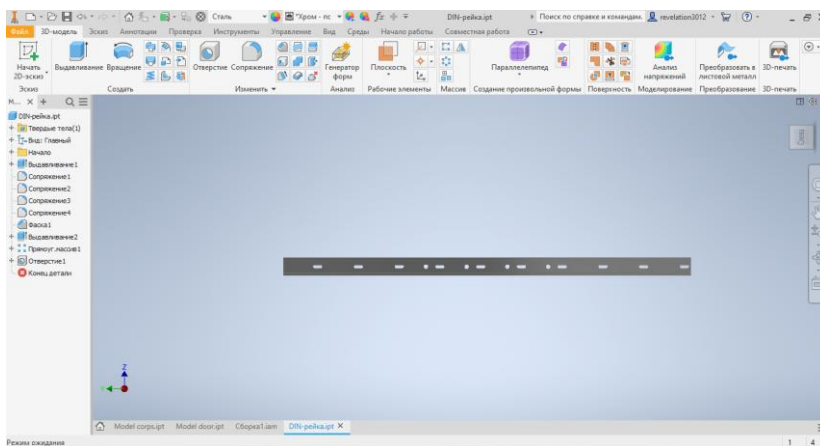


Рис. 4.16. Отримані отвори для болтового з'єднання DIN-рейки

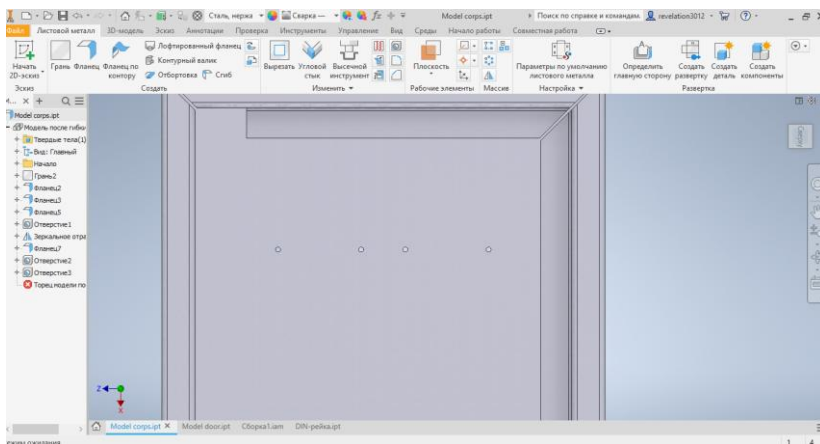


Рис. 4.17 Отвори у монтажній частині корпусу щита для болтового з'єднання

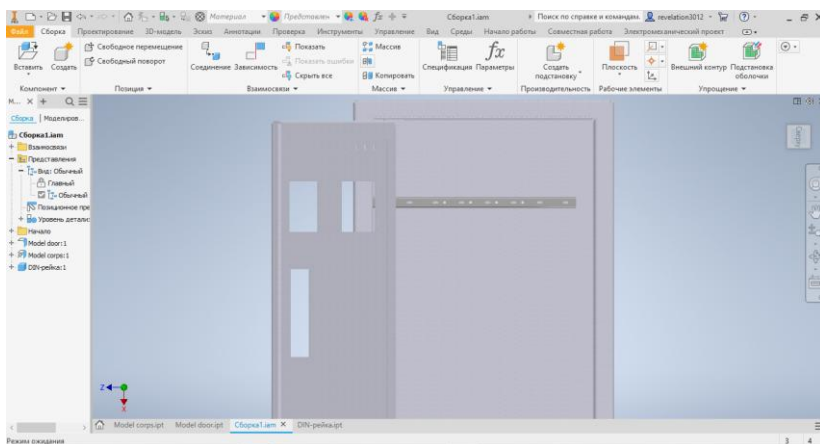


Рис. 4.18. Вигляд закріпленої DIN-рейки на корпусі

На завершення виконуємо болтове з'єднання. Для того, щоб вибрати необхідне з'єднання використаємо *Бібліотеку компонентів* (рис. 4.19).



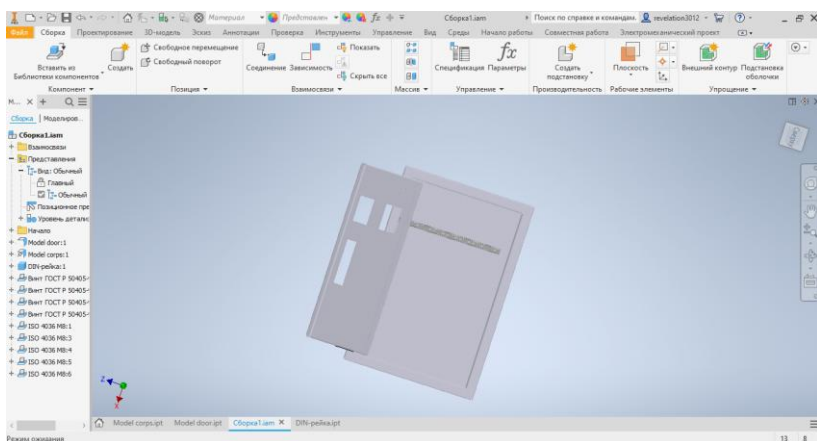


Рис. 4.19. Готова модель щита з DIN-рейкою

Для оформлення конструкторської документації на розроблений щит необхідно зберегти розроблену модель у вигляді креслення. Для цього необхідно натиснути **Файл** ➤ **Создать** ➤ **Чертеж**. Щоб відобразити розроблену модель щита в 3-х основних видах та ізометрії використовуємо функцію «Базовий» (рис. 4.20).

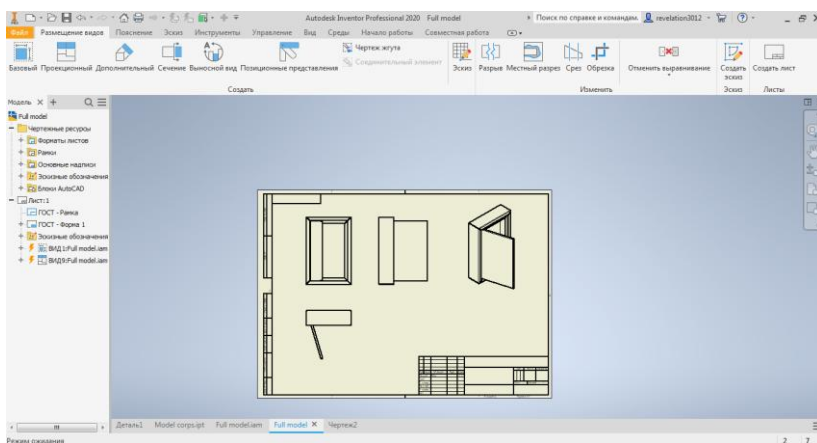


Рис. 4.20. Креслення розробленого щита на аркуші

Вибираючи відповідні сторони щита з опції «Размещение»

видов» створюємо його у відповідних проекціях. Для створення ізометричного виду зображення щита необхідно потрібно «потянути» по діагоналі. В результаті ми отримуємо креслення щита в 3-х основних видах та ізометричному.

Для додавання відповідних розмірів щита потрібно перейти на вкладку «Пояснения» головної панелі та використовувати меню «Размеры» вказуємо необхідні розміри (рис. 4.21).

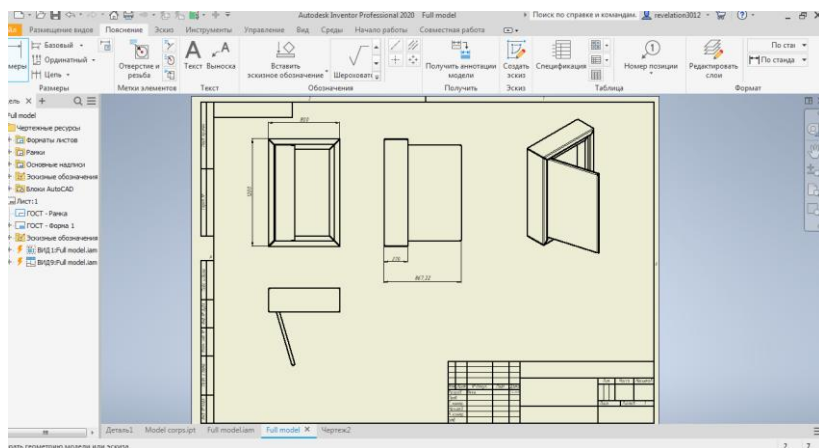


Рис. 4.21. Процес додавання розмірів щита

Для остаточного оформлення креслення щита необхідно заповнити основний напис у відповідності до ГОСТ 2.104-2006. Для цього потрібно натиснути підкатегорію «Текст в поле» в категорії «ГОСТ – Форма 1», що заходиться на лівій панелі робочого поля креслення (рис. 4.22).

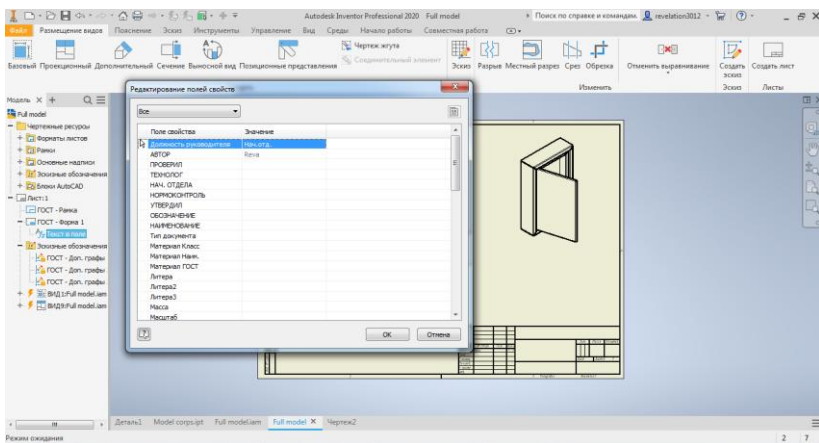


Рис. 4.22. Меню заполнения основного напису кресления щита

Після цього робота над розробкою проекту нетипового малогабаритного щита управління є завершеною

### Програма роботи

1. Розглянути загальні правила проектування щитів і пультів.
2. Навчитися виконувати моделювання листових деталей за допомогою Autodesk Inventor.
3. Виконати проект щита для розробленої на попередніх заняттях принципової електричної схеми.

### Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з правилами та особливостями проектування щитів і пультів.
2. На основі даних з лабораторних робіт 2 і 3 розробити проект щита.
3. Визначити необхідні: загальний вигляд, тип та габаритні розміри проектного щита у відповідності до стандартних щитів, які виготовляються промисловістю.
4. Розробити всі елементи проектного щита (щит, двері, завіси) та виконати їх збірку так як це розглянуто у теоретичних відомостях.
5. Результати проектування оформити у вигляді звіту на стандартних аркушах формату A4.

6. Креслення розробленого щита виконати на аркуші стандартного розміру (A3-A1) з розмірами та заповненим основним написом.

### **Контрольні запитання**

- 1.Що таке щити і пульти?
- 2.Яка особливість застосування щитів і пультів?
- 3.Класифікація щитів і пультів.
- 4.Опишіть послідовність розробки листового матеріалу у системі Autodesk Inventor.
- 5.Опишіть послідовність розробки отворів у листовому матеріалі у системі Autodesk Inventor.
- 6.Опишіть послідовність додавання елементів у модель щита у системі Autodesk Inventor.?
- 7.Яка особливість створення креслення щита у системі Autodesk Inventor?
- 8.Яка особливість створення розмірів у кресленні щита у системі Autodesk Inventor?

## **Лабораторна робота №5**

### **Тема: Компонування приладів та засобів автоматизації на фасадній та внутрішніх панелях малогабаритних щитів**

**Мета:** Навчитися виконувати компонування приладів та засобів автоматизації на фасадній панелі та внутрішніх панелях малогабаритних щитів з дотриманням вимог Держстандарту.

#### **Теоретичні відомості**

Компонування приладів і апаратури на фасадних панелях щитів і пультів виконується з урахуванням розмірів і конфігурації монтажних зон. Розміри приладів і апаратури, які встановлюються на фасадних панелях, а також відстані між ними визначають по РТМ25-91-72 «Рекомендовані відстані між приладами на фасадах щитів і пультів». Для щитів і пультів за ОСТ36.13-76, ОСТ36.ЭД1.13-79 термін «край панелі» слід розуміти як лінію, що обмежує монтажну зону. Взаємне розташування приладів і апаратури повинне відповідати вимогам РМ4-51- 73 «Щити і пульти керування. Принципи компонування».

При проектуванні елементів у щитах і пультах потрібно дотримуватися таких вимог:

а) виконання апаратів і приладів, що встановлюються на щитах (пультах), а також виконання самих щитів (пультів) повинно відповідати умовам виробничого середовища або щитового приміщення;

б) у сухих і вологих виробничих приміщеннях допускається відкрита установка оперативних і неоперативних щитів (пультів);

в) у вологих, пиловатих та хімічно активних середовищах оперативні і допоміжні неоперативні (релейні, живлення і т.п.) щити і пульти рекомендується встановлювати у спеціальних щитових приміщеннях (засклених операторських, диспетчерських тощо);

г) для монтажу приладів неоперативного управління застосовують шафові щити, які розраховані на роботу в умовах підвищеної вологості, високих або низьких температур, агресивного середовища, що можуть встановлюватися у

виробничих приміщеннях.

Прилади і апарати на лицьовій стороні щитів і пультів розташовують відповідно до принципів компоновання, виходячи з умови забезпечення зручності і ефективності роботи оператора. Апарати і прилади повинні встановлюватися таким чином, щоб забезпечити безпеку їх обслуговування, а виникаючі в процесі роботи окремих апаратів іскри або електричні дуги не могли запалити (пошкодити) навколишні предмети або викликати коротке замикання (рис. 5.1).

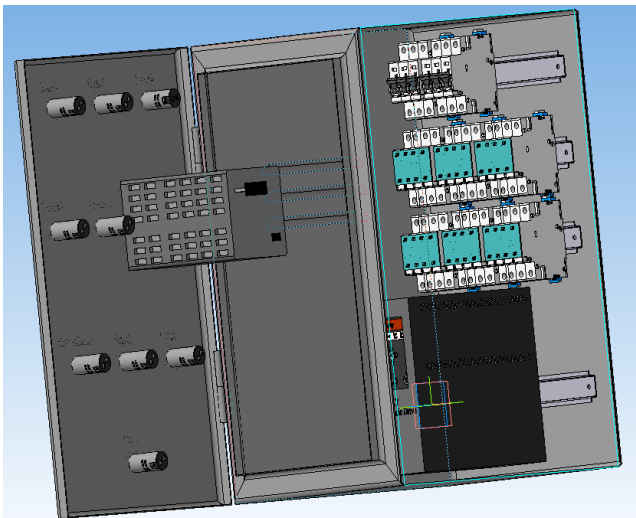


Рис. 5.1. Приклад компоновання щита управління на фасадній та монтажній частині

Апаратуру усередині малогабаритних щитів слід розташовувати з урахуванням висоти установки щитів над рівнем підлоги. Усередині пультів установлювати апаратуру не рекомендується. У технічно обґрунтованих випадках апаратуру усередині пультів розташовують паралельно передній і задній стінкам на монтажному полі.

Зборки контактних затискачів у щитах і штативах повинні бути встановлені горизонтально в один ряд на передній і бічних стінках. У пультах допускається установка зборки затискачів у

два ряди паралельно передній стінці. У щитах і штативах висотою 2200 мм у випадку введення електричних проводок зверху або в інших технічно обґрунтованих випадках зборки контактних затискачів можуть бути встановлені вертикально в один або два ряди.

При установці в щитах приладів, що мають глибину 300 мм і більш, незалежно від маси або з масою більш 10 кг, незалежно від глибини, хвостові частини їх повинні бути закріплені. Хвостові частини приладів, установлюваних в одному горизонтальному ряді і віддалені один від одного, закріплюють хомутами, а розташовані впритул один до одного — швелером зі шпильками. Прилади, що стоять у одному горизонтальному ряді, необхідно розташовувати так, щоб нижні кромки лицьових частин незалежно від їхніх розмірів знаходилися на одній лінії. При визначенні відстані між горизонтальними осями приладів і апаратів по РТМ 25-91-82 необхідно, щоб між фланцями приладів, що потребують кріплення хвостових частин, було не менш 70 мм знизу й не менш 30 мм зверху. Загальна маса приладів і апаратури, установлюваної на фасадних панелях щитів, не повинна перевищувати: для поля 3 — 30 кг, для поля 2 — 80 кг, для поля 4 — 100 кг.

Способи розташування апаратів і приладів у щитах і пультах:

1. Апаратура, яка у нормальному режимі роботи розсіює значну кількість тепла (наприклад, резистори, реостати, лампи і т.п.), повинна розміщуватися у верхній частині щитів.
2. Апарати і прилади, характеристики яких суттєво залежать від температури навколишнього середовища, слід розміщувати в зонах, віддалених від пристроїв, що виділяють тепло.
3. Апарати з рухомими струмоведучими частинами (автомати, магнітні пускачі, реле і т.п.) повинні встановлюватися таким чином, щоб вони не могли мимовільно замкнути коло під дією ваги.
4. Рухомі струмоведучі частини апаратів у відключеному стані не повинні бути під напруженою.

Для кріплення апаратури на щитах використовують такі способи (рис. 5.2):

- безпосереднє кріплення на рейці за допомогою защіпки (придатне для використання рейок типу ТН або G-подібних

профілів);

- за допомогою різноманітних пристосувань, таких як ковзаючі гайки і болти з гачками або головками Т-подібної форми;

- безпосереднім кріпленням апаратури на монтажну площину та каркас.

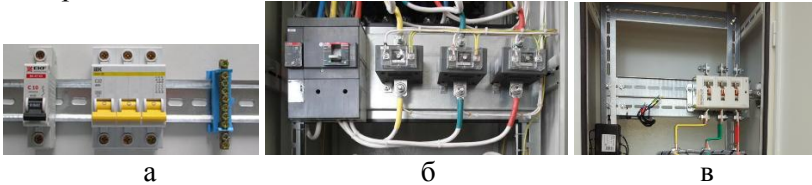


Рис. 5.2. Способи кріплення апаратури у щитах:

а) безпосереднє кріплення на рейці за допомогою защіпки, б) кріплення на монтажну площину, в) кріплення на каркас

Рейки з G-подібним профілем головним чином використовуються при монтажі затискачів, які защіпками закріплюються рядами з допомогою регульованих кінцевих обмежувачів. Для кріплення апаратури допускається використовувати одну або декілька рейок. Рейка стандартного перерізу може бути частиною несучої конструкції. Застосовують також рейки комбінованого перерізу, в яких поєднуються, рейки типу ТН, G і С-подібних профілів, що дає можливість встановлювати апаратуру з різним розміщенням вузла кріплення.

Компонування апаратури на щитах виконують у такій послідовності:

- 1) визначають монтажну зону відповідної площини щита або штатива;
- 2) визначають на бічних стінках розміри тіні від приладів або апаратури встановленої на фасадній панелі або площині, з урахуванням зменшення площі від конструкцій, що підтримують хвостові частини приладів (опор і бічних швелерів);
- 3) намічають варіант взаємного розташування (композицію) апаратів і місця прокладки горизонтальних джгутів проводів;
- 4) підбирають відповідні способи установки апаратів, якщо



апарат можна встановити на одній і тій же панелі декількома способами, перевагу слід віддати найбільш простому (по металоемності, кількості кріпильних деталей, компактності, тощо);

5) визначають монтажні зони апаратів на основі прийнятих способів установки;

6) визначають вертикальний розмір монтажної зони горизонтального ряду скомпонованих апаратів, для чого до висоти монтажної зони апаратів ряду необхідно додати розмір місця для прокладки джгутів, проводів (труб).

Для прикладу компоновання апаратури щитів використано 3D-модель малогабаритного щита з DIN-рейкою, яка розроблена у системі Autodesk Inventor (рис. 5.3).

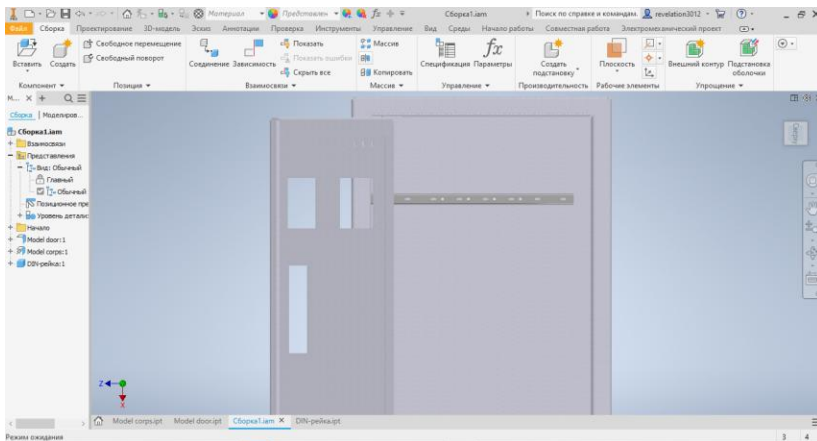


Рис. 5.3. 3D - модель малогабаритного щита з DIN-рейкою

Для компоновання щита електротехнічними апаратами та засоби індикації скористаємося інструментом *«Соединения»* на панелі *«Взаимосвязи»*. При компонованні малогабаритного щита використовуємо 3D-моделі електротехнічної апаратури, які можна завантажити з сайтів виробників. У нашому прикладі використані 3D-моделі автоматичного вимикача, цифрового приладу та силового вимикача з сайту <https://ekfgroup.com/documentation#>. Для виконання зборки попередньо завантажуються у поле зборки 3D-моделі

автоматичний вимикач, після цього необхідно виділити площину автоматичного вимикача для створення з'єднання (рис.5.4). А площину DIN-рейки другою точкою початку координат (рис. 5.5). Зовнішній вигляд готового з'єднання представлено на рис. 5.6.

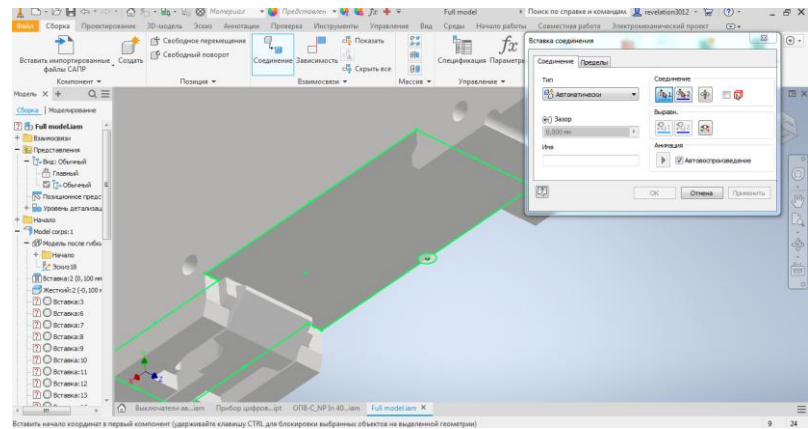


Рис. 5.4. Виділення площини вимикача для створення з'єднання

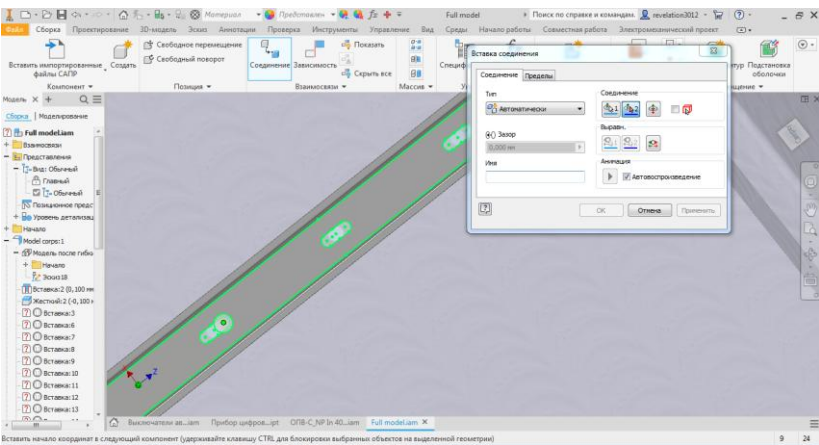


Рис. 5.5. Виділення площини DIN-рейки для створення з'єднання

Для компоновки фасадной части щита (дверей) скористаємося інструментом *«Соединения»*. Але перед цим необхідно вирізати отвори для апаратури за допомогою ескізів (див. теоретичні відомості лабораторної роботи 4), як це показано на рис. 5.7. За допомогою інструменту *«Выдавливание»* на панелі *«Изменить сборку»* вкладки *«3D-модель»* виріжемо отвори для апаратури (рис. 5.8).

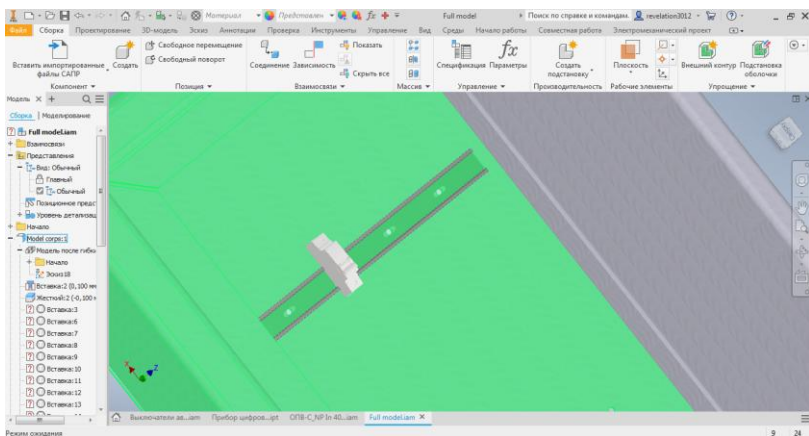


Рис. 5.6. Готове з'єднання DIN-рейки та автоматичного вимикача

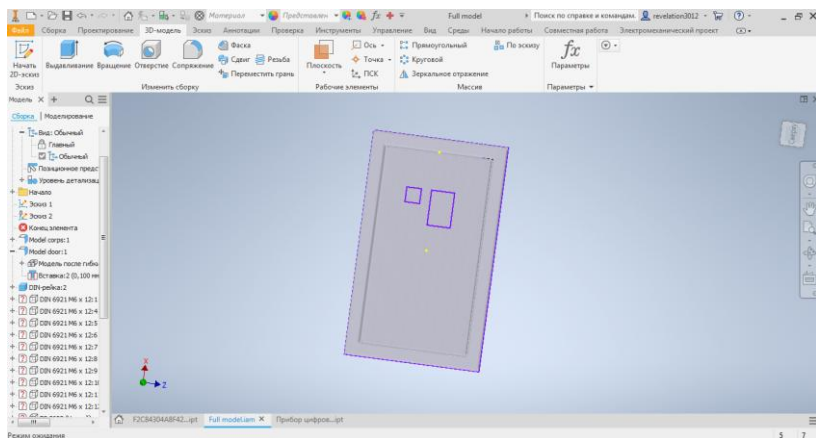


Рис. 5.7. Ескізи для вирізу отворів

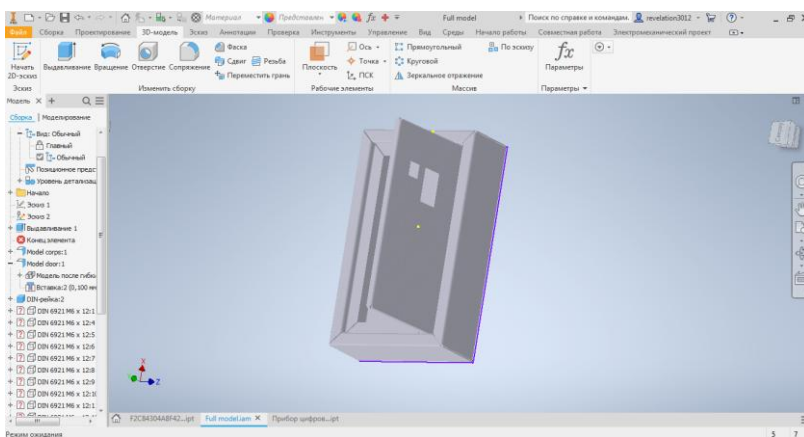


Рис.5.8. Отвори для встановлення апаратури на дверях

Для встановлення апаратури в отвори скористаємося інструментом «Зависимости» на панелі «Взаимосвязи», що на вкладці «Сборка». У результаті отримуємо 3D-модель малогабаритного щита з апаратурою (рис. 5.9).

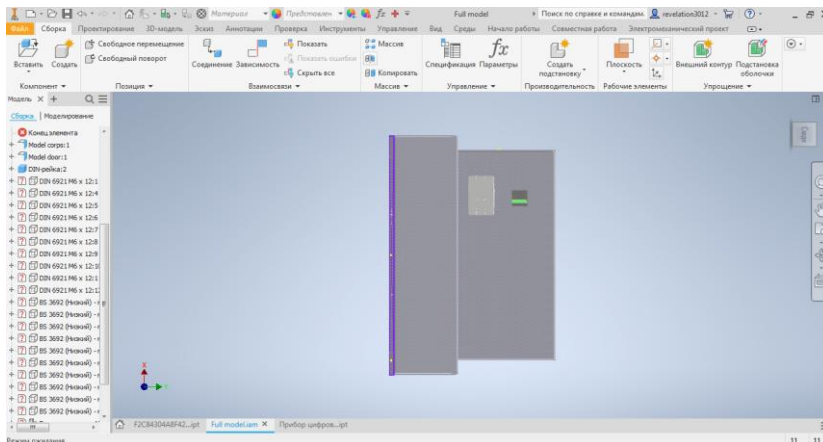


Рис. 5.9. Видягд малогабаритного щита

Для оформлення конструкторської документації на розроблений щит необхідно зберегти розроблену модель у вигляді креслення. Для цього необхідно натиснути **Файл** ➤

**Создать ► Чертеж.** Щоб відобразити розроблену модель щита в 3-х основних видах та ізометрії використовуємо функцію **«Базовий»**. Вибираючи відповідні сторони щита з опції **«Размещение видов»** створюємо його у відповідних проекціях. Для створення ізометричного виду зображення щита необхідно потрібно «потянути» по діагоналі. В результаті ми отримуємо креслення щита в 3-х основних видах та ізометричному (див. теоретичні відомості лабораторної роботи 4).

Для додавання відповідних розмірів щита потрібно перейти на вкладку **«Пояснения»** головної панелі та використовуючи меню **«Размеры»** вказуємо необхідні розміри (див. теоретичні відомості лабораторної роботи 4). Для остаточного оформлення креслення щита необхідно заповнити основний напис у відповідності до ГОСТ 2.104-2006. Для цього потрібно натиснути підкатегорію **«Текст в поле»** в категорії **«ГОСТ – Форма 1»**, що заходиться на лівій панелі робочого поля креслення. Після цього робота над компоновання приладів та засобів автоматизації на фасадній панелі та внутрішніх панелях малогабаритного щита є завершеною.

### **План роботи**

1. Ознайомитися з теоретичними положеннями щодо розташування та монтажу елементів автоматики на внутрішніх панелях малогабаритних щитів.
2. Ознайомитися з правилами компоновання приладів та засобів автоматизації на фасадній панелі малогабаритного щита.

### **Порядок виконання роботи**

1. Виконати компоновання приладів та засобів на фасадній панелі щита розробленого у Лабораторній роботі №4.
2. Виконати компоновання апаратури всередині щитів з урахуванням відповідних вимог та обмежень.
3. Здійснити компоновку елементів у середині щита: DIN-рейки, елементи автоматики, клемні колодки, провідники та шини у відповідності до монтажної схеми.
4. Компоновання апаратури усередині щитів виконуватися з

урахуванням конструктивних особливостей цих виробів і забезпечення монтажу і експлуатації, а також допустимих полів монтажу.

5. Апарати усередині щитів слід компоувати по приналежності до систем, а усередині цих груп по роду струму і значенню напруги.

6. Результати проектування оформити у вигляді звіту на стандартних аркушах формату А4.

7. Креслення розробленого щита виконати на аркуші стандартного розміру (А3-А1) з розмірами та заповненим основним написом.

### **Контрольні запитання**

1. Які нормативні документи застосовують для компоування апаратури у щитах і пультах?
2. Яких вимог потрібно дотримуватися при компоуванні приладів і апаратури у щитах і пультах?
3. Які способи розташування апаратів і приладів у щитах і пультах?
4. Які способи використовують для кріплення апаратури на щитах?
5. У якій послідовності виконують компоування апаратури на щитах?
6. Яка особливість компоування щита електротехнічними апаратами та засоби індикації у системі Autodesk Inventor.?
7. Яка особливість створення креслення моделі щита з компонованими елементами у системі Autodesk Inventor?
8. Яка особливість створення розмірів у кресленні щита з компонованими елементами у системі Autodesk Inventor?